



**HAL**  
open science

# La vinification et l'élevage du vin au Château Yvonne

Numa Carrafa

► **To cite this version:**

Numa Carrafa. La vinification et l'élevage du vin au Château Yvonne. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04813628

**HAL Id: dumas-04813628**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04813628v1>**

Submitted on 9 Dec 2024

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

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

## Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du Diplôme National d'Œnologue

La vinification et l'élevage du vin au Château Yvonne



par Numa CARRAFA

Année de soutenance : 2024

Organisme d'accueil : Château Yvonne





# Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du Diplôme National d'Œnologue

La vinification et l'élevage du vin au Château Yvonne



par Numa CARRAFA

Année de soutenance : 2024

Château Yvonne



Mémoire préparé sous la direction  
de : Laetitia MOULS

Maître de stage : Mathieu VALLEE



## RESUME

Ce mémoire de fin d'études d'œnologie présente le fonctionnement technique du Château Yvonne, domaine viticole situé dans l'Appellation d'Origine Contrôlée Saumur (Val de Loire) conduit depuis 2007 par Mathieu Vallée. Il s'agit d'un domaine indépendant de 19ha, dynamique sur les nouvelles thématiques viticoles (agroforesterie, filets anti-grêle, réintroduction de cépages autochtones oubliés,...) et davantage conservateur en œnologie, concentré sur l'humble objectif de respecter les raisins façonnés par le terroir et le millésime.

Ce travail s'appuie sur un stage pratique de trois mois, effectué lors des vendanges et vinifications 2023. Il décrit l'ensemble des étapes et des outils de production des vins blancs et des vins rouges du Château Yvonne, depuis la mise en place des vendanges jusqu'au conditionnement des vins. Les différentes opérations unitaires durant la vinification et l'élevage sont explicitées. Le suivi analytique des moûts et des vins est présenté et analysé, afin d'enrichir le propos et d'apporter un regard œnologique au procédé.

Mots clés : œnologie, Saumur, vendanges, vinifications, élevage, suivi analytique

## ABSTRACT

**Title : Vinification and ageing at Château Yvonne vineyard**

This final year oenology dissertation looks at the technical operation of Château Yvonne, a winegrowing estate in the Saumur registered designation of origin (Loire Valley) run by Mathieu Vallée since 2007. The 19-hectare estate is independent, dynamic in terms of new viticultural themes (agroforestry, anti-hail nets, reintroduction of forgotten indigenous grape varieties, etc.) and more conservative in terms of oenology, concentrating on the humble objective of respecting the grapes shaped by the terroir and the vintage.

This work is based on a three-month practical internship, carried out during the 2023 harvest and vinification. It describes all the stages and tools in the production of Château Yvonne's white and red wines, from harvesting to packaging. The various unit operations during vinification and ageing are explained. The analytical monitoring of the musts and wines is presented and discussed, in order to enrich the discussion and bring an oenological perspective to the process.

Key words : œnology, Saumur, harvest, vinification, ageing, analytical monitoring

Pour citer ce document : Carrafa, Numa, (2023). La vinification et l'élevage du vin au Château Yvonne. Mémoire du Diplôme National d'Œnologie, l'Institut Agro Montpellier. 76p.



## REMERCIEMENTS

C'est avec bienveillance et humilité que je souhaite remercier l'ensemble des personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la rédaction de ce rapport.

Ma première pensée s'adresse à l'ensemble du corps enseignant de la formation d'œnologie de l'Institut Agro Montpellier. Mes douze mois de formation théorique furent extrêmement enrichissants, tant grâce à votre dévouement qu'à votre disponibilité. Je garderai de précieux souvenirs de ce master.

Je tiens également à présenter de vifs remerciements à l'ensemble de l'équipe du Château Yvonne. Leur intégration et leur simplicité furent très épanouissantes, ce fut un plaisir de découvrir une entreprise aussi conviviale que la leur.

Mes pensées les plus nombreuses sont à destination de Mathieu Vallée, mon maître de stage. Son expertise et son écoute ont nourri de multiples discussions très fructueuses. J'ai particulièrement apprécié son honnêteté et son partage, aussi bien sur le plan technique qu'humain. La confiance dont il m'a fait part fut très responsabilisante et m'a beaucoup appris.





# TABLE DES MATIERES

Résumé .....	5
Abstract .....	5
Remerciements.....	7
Table des matières.....	9
Liste des Figures.....	11
Liste des Tableaux.....	12
Sigles et acronymes .....	12
Introduction.....	13
1. Etude du milieu de production : La viticulture au Château Yvonne .....	14
1.1 Historique et présentation du vignoble.....	14
1.2 Caractéristiques pédoclimatiques du vignoble .....	15
1.3 Encépagement du vignoble .....	16
1.4 Conduite du vignoble .....	18
2. Étude des moyens de production.....	20
2.1 Plan des bâtiments .....	20
2.2 Description des équipements.....	20
2.3 Gestion du personnel .....	26
2.4 Les vins du Château Yvonne .....	27
3. Maturation du raisin et organisation des vendanges au château yvonne.....	31
3.1 Préparation du domaine aux vendanges.....	31
3.2 Maturation du raisin.....	32
3.3 Organisation de la récolte des raisins.....	34
3.4 Organisation de la réception des raisins en cave .....	35
4. Les Vinifications au château yvonne.....	39
4.1 Vinification du vin blanc .....	39
4.2 Vinification du vin rouge .....	45
5. Elevage et travail du vin jusqu'à sa mise en bouteille .....	52
5.1 Diversité des contenants d'élevage.....	52
5.2 Opérations courantes.....	54
5.3 Gestion de la problématique des <i>Brettanomyces bruxellensis</i> .....	58
5.4 Choix des assemblages .....	61
5.5 Préparation des vins à la mise en bouteille.....	61
5.6 Organisation de la mise en bouteille du vin .....	65
6. Schémas de production .....	66
7. Présentation des démarches qualité et environnement .....	67
7.1 Qualité.....	67
7.2 Démarches environnementales .....	68
Conclusion .....	69
Bibliographie.....	70
Annexes .....	74
Résumé .....	76
Abstract .....	76



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique de l'appellation Saumur (Vins du Val de Loire, 2022) .....	13
Figure 2 : Cartographie du parcellaire du Château Yvonne .....	14
Figure 3 : Diagramme climatique de la commune de Saumur - moyennes 1981-2010.....	15
Figure 4 : Coupe géologique du vignoble Saumurois (Vins du Val de Loire, 2022) La localité « Parnay » a été ajoutée pour adapter la coupe à l'étude. ....	16
Figure 5 : Graphique de la répartition de l'encépagement en surface (en ha).....	16
Figure 6 : Photographie d'un pied de Cabernet franc légendé.....	17
Figure 7 : Photographies du curetage d'un pied de Cabernet franc portant des symptômes de maladie du bois .....	18
Figure 8 : Photographies de recépage d'un pied de Cabernet franc (à gauche) et de surgreffage d'un pied de Cabernet franc par un sarment de Pineau d'Aunis (à droite) .....	19
Figure 9 : Plan des bâtiments du Château Yvonne (Google Maps, 2024) .....	20
Figure 10 : Photographies des cuves de vinification du Château Yvonne. De gauche à droite : cuve tronconique bois (65hL), cuve parallélépipédique béton (50hL), et garde-vin cylindrique inox (50hL).....	21
Figure 11 : Schéma de la cave de vinification du Château Yvonne NB : les deux cuves cylindriques inox I75G et I75D ne sont pas utilisées en vinification, ce sont des cuves d'élevage du vin blanc .....	21
Figure 12 : Photographie de deux foudres de vinification du vin blanc.....	22
Figure 13 : Photographie des jarres et œufs en grès .....	23
Figure 14 : Photographie d'une des salles de vinification du vin blanc dans le chai à barriques.....	23
Figure 15 : Photographies de l'entrée du chai (à gauche) et de la salle de réception (à droite) .....	24
Figure 16 : Cuve mobile nécessaire aux transferts de vin entre la cave et le chai.....	24
Figure 17 : Photographie de la remorque élévatrice vibrante Amos utilisée au Château Yvonne (Amos, 2023).....	25
Figure 18 : Photographie de la pompe ASPIC du Château Yvonne .....	25
Figure 19 : Photographie du presseur XPF 22 du Château Yvonne.....	26
Figure 20 : Schéma hiérarchique de la gamme des vins du Château Yvonne NB : les prix affichés sont TTC ; les différences de millésimes ne doivent pas être prises en compte .....	27
Figure 21 : Cartographie du parcellaire des cuvées du Château Yvonne.....	29
Figure 22 : Graphique des secteurs de commercialisation des bouteilles du Château Yvonne (pourcentage en volume) .....	30
Figure 23 : Photographie de grappes de Chenin attaquées par la pourriture acide - 25/09/2023.....	33
Figure 24 : Photographie des comportes et de leur chargement sur la remorque .....	35
Figure 25 : Schéma de la réception des vendanges destinées à la production de vin blanc .....	36
Figure 26 : Schéma de la réception des vendanges destinées à la production de vin rouge .....	38
Figure 27 : Graphique de l'évolution de la pression exercée sur les raisins en fonction du temps - pressurage vin blanc .....	39
Figure 28 : Dodine de bâtonnage.....	43
Figure 29 : Cinétique de fermentation alcoolique et évolution de la température du lot Bay Rouge/Pouge 2 .....	44
Figure 30 : Schéma d'un remontage aéré dans une cuve béton de 50hL.....	46
Figure 31 : Cinétique de fermentation alcoolique et évolution de la température du lot Echo/Grande Vignole (Cuve 65F).....	47
Figure 32 : Dispositif d'injection d'oxygène au moût en fin de fermentation alcoolique.....	47

Figure 33 : Photographie du chantier de décuvage au Château Yvonne .....	49
Figure 34 : Évolution de la pression exercée sur le marc en fonction du temps – pressurage rouge ..	49
Figure 35 : Schéma des voies d'entrée d'oxygène dans une barrique de vin - Andrei Prida, Tonnellerie Seguin Moreau.....	52
Figure 36 : Élevage du vin en conditions réductrices - bouteilles tirée-bouchées.....	53
Figure 37 : Photographie d'une chromatographie sur papier des vins rouges 2023 - 30/10/2023 .....	55
Figure 38 : Photographie d'une cuve tronconique bois et localisation des vannes.....	56
Figure 39 : Photographie d'une des salles d'élevage du vin rouge du Château Yvonne.....	57
Figure 40 : Photographie du nettoyage d'une cuve bois à l'aide du Barriclean.....	60
Figure 41 : Photographie d'une opération de dégazage du vin fini - lot Château Yvonne blanc 2022 .	64
Figure 42 : Photographie de la chaîne d'embouteillage dans la cave du Château Yvonne.....	65
Figure 43 : Schémas de production des vins blancs (à gauche) et rouges (à droite) au Château Yvonne – cas d'un élevage rouge en barrique, cuvées Château Yvonne et Le Beaumeray.....	66
Figure 44 : Photographie du jet d'eau mobile équipé d'un filtre à charbon.....	67
Figure 45 : Photographie légendée de la traçabilité de la cuve 50A - 02/11/23 .....	68

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Cuverie de vinification du Château Yvonne .....	22
Tableau 2 : Nombre de bouteilles prévisionnelles par cuvée au millésime 2023.....	29
Tableau 3 : Résultats de prélèvement de deux moûts de blanc (lots Pouge et Bay Rouge) – 03/10/2023 .....	40
Tableau 4 : Bilan de fin de fermentation alcoolique du vin blanc 2023 – lot Bay Rouge/Pouge .....	45
Tableau 5 : Analyses de fin de fermentation alcoolique post-décuvage .....	50
Tableau 6 : Analyse de fin de fermentation alcoolique post-décuvage de la cuve de presses.....	50
Tableau 7 : Concentration en oxygène dissous apportée par les principales opérations d'élevage du vin (IFV, Fiches pratiques) .....	58
Tableau 8 : Résultats des analyses de comptage de <i>Brettanomyces bruxellensis</i> sur les vins rouge 2023 UFC = Unité Formant Colonie .....	59
Tableau 9 : Résultats du comptage de <i>Brettanomyces bruxellensis</i> sur un lot de vin rouge 2022 .....	60
Tableau 10 : Résultats d'analyses préalables à la mise en bouteille.....	61

## SIGLES ET ACRONYMES

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée  
 AV : Acidité Volatile  
 Nass : Azote assimilable du moût  
 TAV : Taux Alcoométrique Volumique  
 TAVP : Taux Alcoométrique Volumique Potentiel  
 FA : Fermentation Alcoolique  
 FML : Fermentation Malolactique  
 SO<sub>2</sub> : dioxyde de soufre  
 CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone

## INTRODUCTION

Le vignoble ligérien s'est, comme de nombreux vignobles français, déployé sous l'impulsion des Romains. Les moines, les seigneurs, puis les rois de France ont tour à tour poursuivi son développement, accompagné par celui de la communication maritime. Le vignoble s'est ainsi étiré le long de la Loire, de l'embouchure de Nantes jusqu'au Massif Central. Il s'étend sur près de 1000 km, et est divisé en cinq secteurs, définis par leur homogénéité climatique, géologique et agronomique. D'Ouest en Est se succèdent le Pays Nantais, l'Anjou-Saumur, la Touraine, le Centre-Loire et l'Auvergne (Johnson & Robinson, 2021).

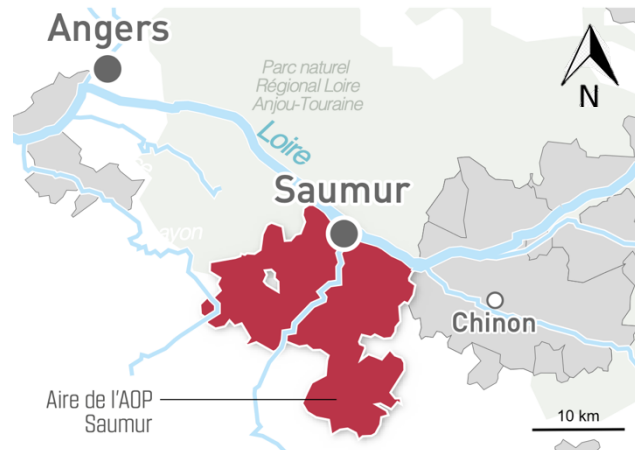


Figure 1 : Localisation géographique de l'appellation Saumur (Vins du Val de Loire, 2022)

Le présent rapport traite plus particulièrement au vignoble du Saumurois, d'une surface de 2300 ha (Figure 1). C'est un vignoble dont la production est particulièrement diversifiée : y sont produits des vins blancs et rosés mousseux (fines bulles), des vins tranquilles dans les trois couleurs (rouge, blanc, rosé), et des vins blancs moelleux. Cette production est répartie selon quatre Appellations d'Origine Contrôlée (AOC) : Saumur, Saumur-Champigny, Saumur Puy-Nôtre-Dame et Côteaux de Saumur. L'AOC Saumur est la principale ; créé en 1936, elle fait partie des plus anciennes appellations françaises (Vins du Val de Loire, 2022). La diversité des cépages utilisables au sein de ces AOP est faible (excepté pour la production de Saumur mousseux qui permet la vinification de dix cépages), alors que le vignoble du Saumurois possède une belle diversité de cépages (INAO, 2024a). C'est pourquoi un nombre non négligeable de vignerons choisissent de déclasser leur production en vin de pays, voire en vin de France.

Ce mémoire de fin d'études d'œnologie présente les caractéristiques techniques de la vinification et du travail de chai réalisés au Château Yvonne. Il s'appuie sur un stage pratique de trois mois, effectué de septembre à décembre 2023. La première partie du rapport sera centrée sur la production vitivinicole, détaillant les caractéristiques agronomiques et œnologiques de l'exploitation. La seconde partie de l'étude détaillera l'ensemble des opérations liées à l'élevage du vin, jusqu'à sa mise en bouteille, et les démarches qualité-environnement-sécurité.

# 1. ETUDE DU MILIEU DE PRODUCTION : LA VITICULTURE AU CHATEAU YVONNE

## 1.1 Historique et présentation du vignoble

Le Château Yvonne est une exploitation viti-vinicole située dans la commune de Parnay (49), à quelques centaines de mètres de la Loire. Si la vigne est implantée dans ce secteur depuis le Moyen-Âge, ce domaine viticole est bien plus récent. Il est fondé en 1997 par le couple Lamunière, dont le prénom de l'épouse, Yvonne, donnera celui du domaine. Il acquiert une jolie renommée pour sa production de vins blancs secs de qualité. Mathieu Vallée reprend cette structure en 2007. Il se l'approprie pas à pas, augmente progressivement la surface du vignoble, diversifie l'encépagement et les productions, et améliore remarquablement l'outil de production en construisant une nouvelle cave, plus grande et mieux équipée, en 2019.

Le vignoble de Château Yvonne s'est progressivement étalé. Il est aujourd'hui réparti sur les communes de Chamigny, Parnay, Turquant, Montsoreau (Figure 2). Toutes les terres sont classées en AOC Saumur et Saumur-Champigny pour les vins rouges.

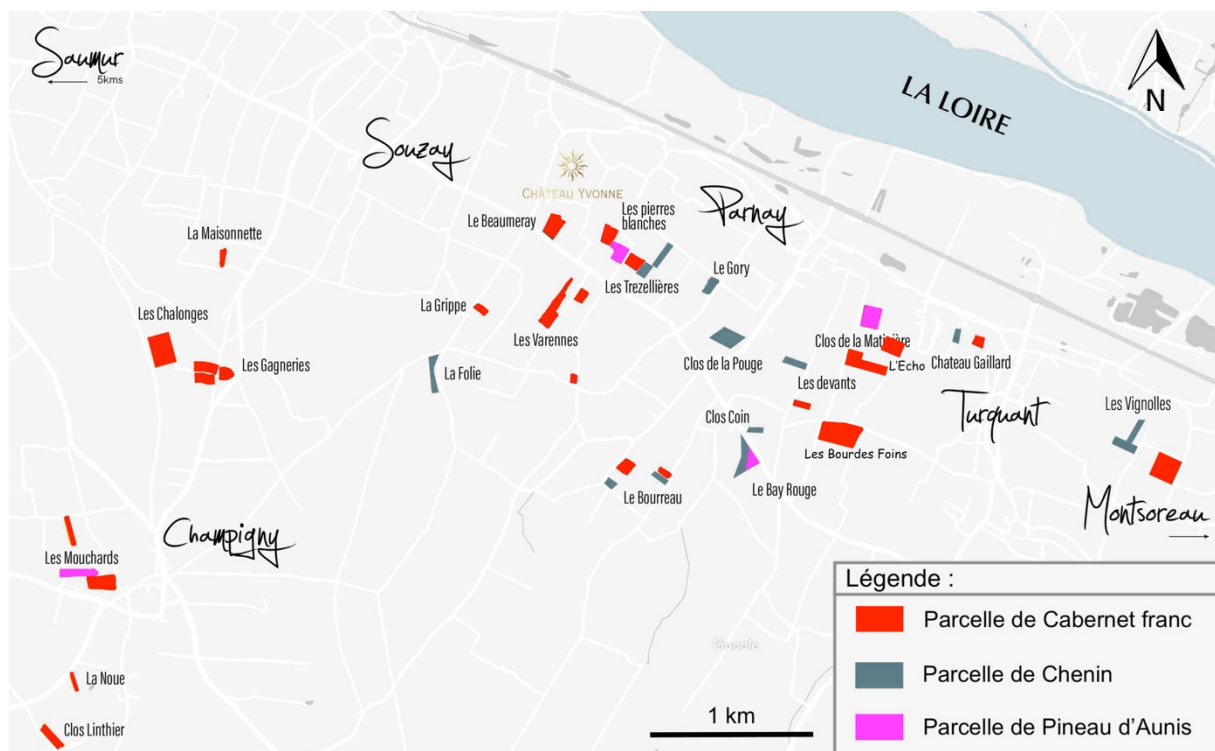


Figure 2 : Cartographie du parcellaire du Château Yvonne

Les parcelles récupérées par Mathieu Vallée lors du rachat de la structure sont situées sur la commune de Parnay, principalement plantées en Chenin. Le vignoble s'est ensuite étendu vers le Sud, dans le secteur des Varennes et du Bourreau, puis davantage à l'Est, sur la commune de Turquant. Enfin, les acquisitions les plus récentes sont les parcelles situées sur la commune de Chamigny, portant la superficie du vignoble de Château Yvonne à 19ha.

## 1.2 Caractéristiques pédoclimatiques du vignoble

### 1.2.1 Climat

Malgré sa distance relativement importante de l'Océan Atlantique (environ 100km), ce vignoble est soumis à un climat océanique altéré (Météo-France, 2023). Il se caractérise par des températures assez douces, et d'une assez faible amplitude de variation entre le jour et la nuit. Néanmoins, la région Saumuroise est assez vallonnée, les collines freinent alors les vents marins en provenance de l'Ouest ce qui augmente les variations saisonnières. La pluviométrie y est plutôt faible, d'une moyenne annuelle de 614,2 mm entre 1981 et 2010. Néanmoins, comme le présente la Figure 3 ci-dessous, les précipitations sont réparties de manière très homogène durant toute l'année. Ces précipitations sont généralement peu violentes, synonyme d'une bonne infiltration dans le sol.

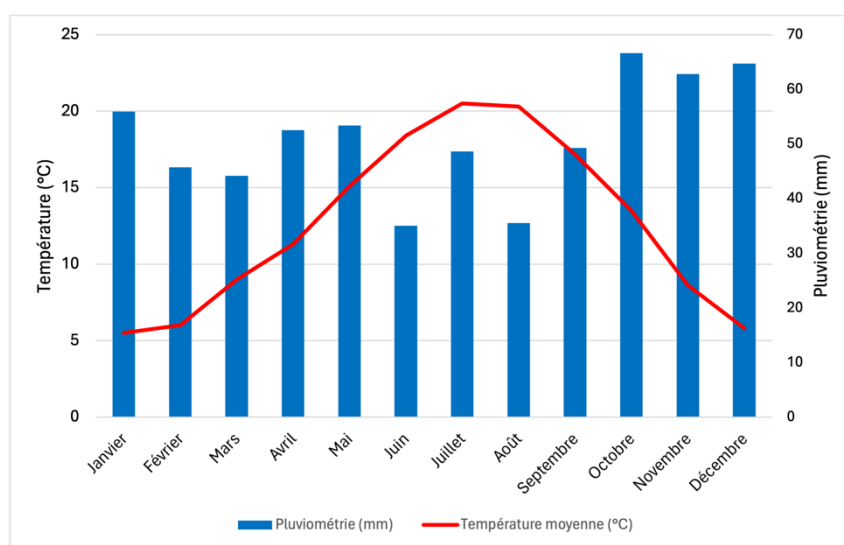


Figure 3 : Diagramme climatique de la commune de Saumur - moyennes 1981-2010 (Météo-France, 2022)

### 1.2.2 Pédologie

Les parcelles de vigne du Château Yvonne sont situées sur la Côte de Saumur, nom de la rive gauche qui s'étend de Montsoreau à Saumur. Comme le présente la Figure 4, cette côte surplombe la Loire d'une petite centaine de mètres à Parnay. Ce terrain sédimentaire, daté du turonien (Crétacé supérieur), fait partie du Bassin parisien, dans sa limite Sud-Ouest. Le tuffeau, également appelé tuf, est une roche calcaire ressemblant à la craie par sa couleur très claire, sa tendreté, et son importante porosité (Prigent, 1997). Cette dernière, pouvant aller jusqu'à 50%, joue un rôle essentiel dans la régulation hydrique du sol, et donc de la vigne. La roche-mère se comporte comme une éponge, stockant l'eau en surplus en cas d'excédent et la restituant par capillarité en période de sécheresse.

Néanmoins, comme illustré par la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, le vignoble du Château Yvonne est morcelé et étalé. Ainsi, même si le substrat reste commun à toutes les parcelles, sa profondeur par rapport à la surface du sol et la texture de celui-ci sont variables. Le sol du vignoble peut alors être divisé en trois bandes qui suivent l'orientation de la Loire (Sud-Est → Nord-Ouest) : le secteur le plus au Nord (Beaumeray, Pierres Blanches, Gory) est le plus argileux et la roche-mère n'est



qu'à un mètre de profondeur ; le plus au Sud (la Noue, les Mouchards, les Chalonges,...) est majoritairement sableux et le substrat calcaire est plus profond ; enfin le secteur du centre est intermédiaire.

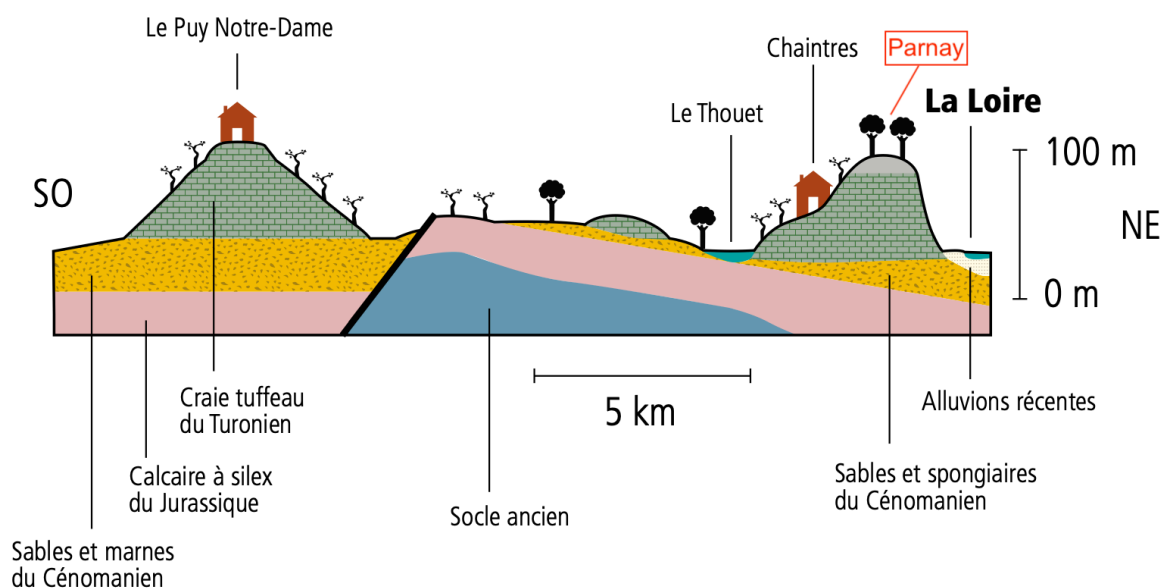


Figure 4 : Coupe géologique du vignoble Saumurois (Vins du Val de Loire, 2022)  
La localité « Parnay » a été ajoutée pour adapter la coupe à l'étude.

### 1.3 Encépagement du vignoble

Trois cépages sont cultivés dans le vignoble du Château Yvonne. Ce sont des cépages typiques de la région de production, entrant dans les cahiers des charges des AOC Saumur et Saumur-Champigny. Leur proportion est présentée en Figure 5, qui indique également la part de surface laissée au repos.

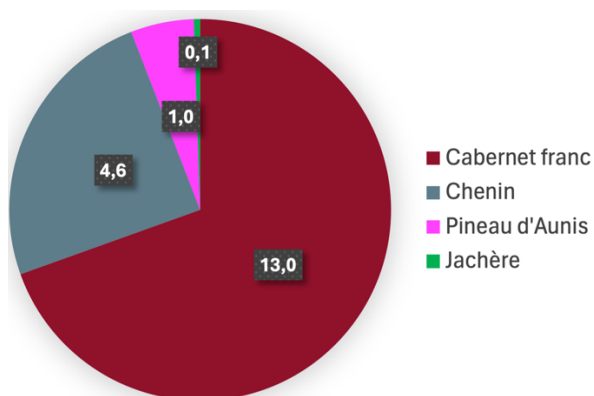


Figure 5 : Graphique de la répartition de l'encépagement en surface (en ha)

Le Cabernet franc est un cépage très ancien, originaire du Sud-Ouest mais dont l'essor en Val de Loire est important, surtout dans la région de l'Anjou-Saumur et l'Ouest de la Touraine. Il a fait sa réputation après-guerre avec le Cabernet d'Anjou, un vin rosé légèrement sucré et assez aromatique, et le Saumur-Champigny, un vin rouge communément apprécié pour ses côtés fruité et « facile à boire ». Néanmoins, s'il est conduit avec rigueur et vinifié avec précision, ce cépage peut être à l'origine de vins

rouges de garde, complexes et puissants (PlantGrape, 2023a).

Au niveau agronomique, il est parfaitement adapté aux sols argilo-calcaires du vignoble de Château Yvonne. Il est greffé sur du 3309 Couderc, qui a une bonne affinité avec les sols du secteur et une vigueur conférée raisonnable. Comme le présente la Figure 6, ce cépage est taillé en Guyot simple avec alternance du côté de la baguette chaque année, pour une charge moyenne de 10 bourgeons francs (2 + (2 + 6)). C'est un cépage relativement peu sensible aux maladies cryptogamiques, sauf à la pourriture grise. Cela fut notamment observable lors du millésime 2023 où, en raison d'une grosse précipitation (40 mm) et d'une humidité ambiante importante en fin de phase de maturation des baies, *Botrytis cinerea* a rapidement colonisé le vignoble.



Figure 6 : Photographie d'un pied de Cabernet franc légné

Le Chenin est, en proportion, le second cépage cultivé par le Château Yvonne, c'est sur celui-ci que le domaine a construit sa renommée. Historiquement et avant l'engouement pour le Cabernet franc, il était largement majoritaire sur la Côte de Saumur. C'est un cépage autochtone, ses premières traces ont été identifiées en Anjou. Il est particulièrement connu pour la diversité de vins qu'il peut produire : de l'effervescent au vin tranquille, sec ou liquoreux, son polymorphisme œnologique est une vraie richesse (PlantGrape, 2023b).

Au niveau agronomique, sa caractéristique première est sa fertilité, à réguler pour maximiser son potentiel aromatique. Il est donc greffé sur du Riparia Gloire de Montpellier, à très faible vigueur conférée. Il est donc bien adapté sur un sol généreux d'argilo-calcaire tel que la côte de Saumur. Sa résistance au calcaire est néanmoins assez faible, mais peu de problèmes de chlorose induite sont recensés au vignoble. Toujours pour réguler sa fertilité, il est conduit en Guyot double pour une charge moyenne d'environ 12 bourgeons francs ((2 + 4) + (2 + 4)). De plus, une de ses principales faiblesses est sa sensibilité aux pourritures grise et acide. Le fait de dédoubler la répartition de la charge permet de limiter l'entassement des grappes et donc de réduire les risques de développement des pourritures.

Enfin, dans une volonté de se diversifier tout en restant en phase avec viticulture de la région, le Pineau d'Aunis a été intégré à l'encépagement du vignoble en 2019. Il s'agit donc d'un cépage autochtone, probablement très local puisqu'un tout petit hameau nommé « Aunis » est situé entre Parnay et Saumur. Ce cépage était en perte de vitesse mais semble retrouver de l'allant grâce à l'engouement récent pour les vins rouges légers, peu colorés, voire à consommer frais. Il reste néanmoins assez difficile à conduire car sa fertilité est très importante et sa production assez variable (PlantGrape, 2023c). Une taille courte, en cordon de Royat, est donc pratiquée au Château Yvonne.

## 1.4 Conduite du vignoble

Le vignoble du Château Yvonne est cultivé selon les pratiques de l'Agriculture Biologique depuis 1997. Ce cahier des charges impose une rigueur agronomique, et demande davantage d'observation et d'anticipation au viticulteur car aucun produit curatif n'y est autorisé. Il s'inscrit dans une démarche globale de limitation de l'influence négative du viticulteur sur l'environnement. Néanmoins, ces pratiques ne sont pas neutres et ont une empreinte carbone plus élevée au vignoble en comparaison d'une viticulture conventionnelle : le viticulteur doit effectuer un nombre de passages plus important pour palier au lessivage des produits de traitements phytosanitaires, et la gestion mécanique de l'enherbement est plus délicate (Prost et Beaufiles, 2022).

Les vignes du Château Yvonne sont conduites en espalier, le palissage est bien structurant et permet de maintenir la végétation dans un plan. Comme précisé en 1.3, le mode de taille est adapté au cépage mais suit toujours les principes de respect des flux de sève (méthode Poussard pour les tailles Guyot). Étant donné que les vignes ont été récupérées successivement et à des viticulteurs différents, les densités de plantation ne sont pas toujours identiques. En effet, si l'espacement sur le rang est toujours d'1m, l'inter-rang varie entre 1,8m et 2,5m. Les densités de plantation sont donc comprises entre 4000 et 5500 pieds/ha, soient faibles à moyennes.

Suite aux vendanges, la tâche principale au vignoble consiste à marquer les pieds présentant des symptômes de maladies du bois. Dans un second temps, ces pieds sont curetés afin de supprimer l'inoculum de champignons infectieux que leur bois contient. L'opération est illustrée en Figure 7. Le principe est de gratter le bois mort, plus tendre, à l'aide d'une tronçonneuse. Cette pratique, coûteuse en main d'œuvre puisqu'elle demande environ 10 minutes de travail par pied infecté, est néanmoins très efficace.



Figure 7 : Photographies du curetage d'un pied de Cabernet franc portant des symptômes de maladie du bois

En hiver, la taille occupe la majeure partie du temps. Elle est accompagnée des travaux de renouvellement et d'entretien du vignoble (complantation, plantation, réparation de palissage,...). Les pratiques employées par le Château Yvonne sont souvent assez percussives. En effet, pour les parcelles les plus gélives, soit environ 6 ha, la taille est faite en deux fois. En se servant de l'acrotonie de la vigne, cette méthode permet de limiter les dégâts en cas de gel de printemps (Gatti et al., 2018). De plus, toujours pour se prémunir face au gel de printemps, des essais sont réalisés avec des filets opaques. Enfin, pour le renouvellement du vignoble, le premier principe est d'essayer de valoriser le capital végétal encore opérationnel. En ce sens, recépage et surgreffage sont préférés à une plantation de greffés-soudés, a minima dans un premier temps.



*Figure 8 : Photographies de recépage d'un pied de Cabernet franc (à gauche) et de surgreffage d'un pied de Cabernet franc par un sarment de Pineau d'Aunis (à droite)*

Les travaux en vert courants (épamprage, ébourgeonnage, relevage,...) sont effectués au printemps. Le rognage et l'écimage sont mécaniques, pilotés en fonction de la pression mildiou et du développement des rameaux primaires et secondaires. La philosophie choisie est de garder une hauteur de feuillage assez importante pour amener les raisins jusqu'à une maturité aromatique satisfaisante. En parallèle se lancent les premiers traitements de protection du végétal. Le Château Yvonne n'utilise que du soufre et du cuivre, pour un IFT moyen (2009-2023) de 8,8 ce qui est inférieur aux moyennes de la région (Prost et Beaufiles, 2022).

En été, selon la tendance climatique du millésime, suppression des entre-cœurs, effeuillage et vendanges en vert peuvent également être pratiqués. Le rendement moyen recherché se situe entre 40 et 50 hL/ha en AOC, le rendement maximal autorisé par les cahiers des charges étant 57 hL/ha (INAO, 2024a ; INAO 2024b).

Enfin, le sol est travaillé avec un Actisol, utilisé plusieurs fois par an. Cet outil est équipé de lames bineuses qui nettoient le rang de vignes. Cette tâche est complétée par un travail régulier du cavillon avec des étoiles bineuses Kress. Les différents outils sont présentés en Annexe 1.

## 2. ÉTUDE DES MOYENS DE PRODUCTION

### 2.1 Plan des bâtiments

Les bâtiments de stockage des équipements viticoles, de production vinicole et les bureaux du Château Yvonne ne sont pas attenants aux parcelles de vigne. Ils sont situés au cœur du village de Parnay, ce qui implique quelques contraintes pour les déplacements en tracteur.

Pour accompagner l'agrandissement du parcellaire et la montée en gamme des vins, cet outil de production a été repensé et reconstruit en 2019. La cave a été agrandie, permettant désormais de tout vinifier en intérieur et dans le même bâtiment. Son inertie thermique a été fortement améliorée, grâce à une isolation en laine de bois, et à la création d'un sous-sol.

Le détail de ces bâtiments est présenté en Figure 9. Un dernier local de stockage, non mentionné par cette figure, est situé à 500m de ce groupe de bâtiments.

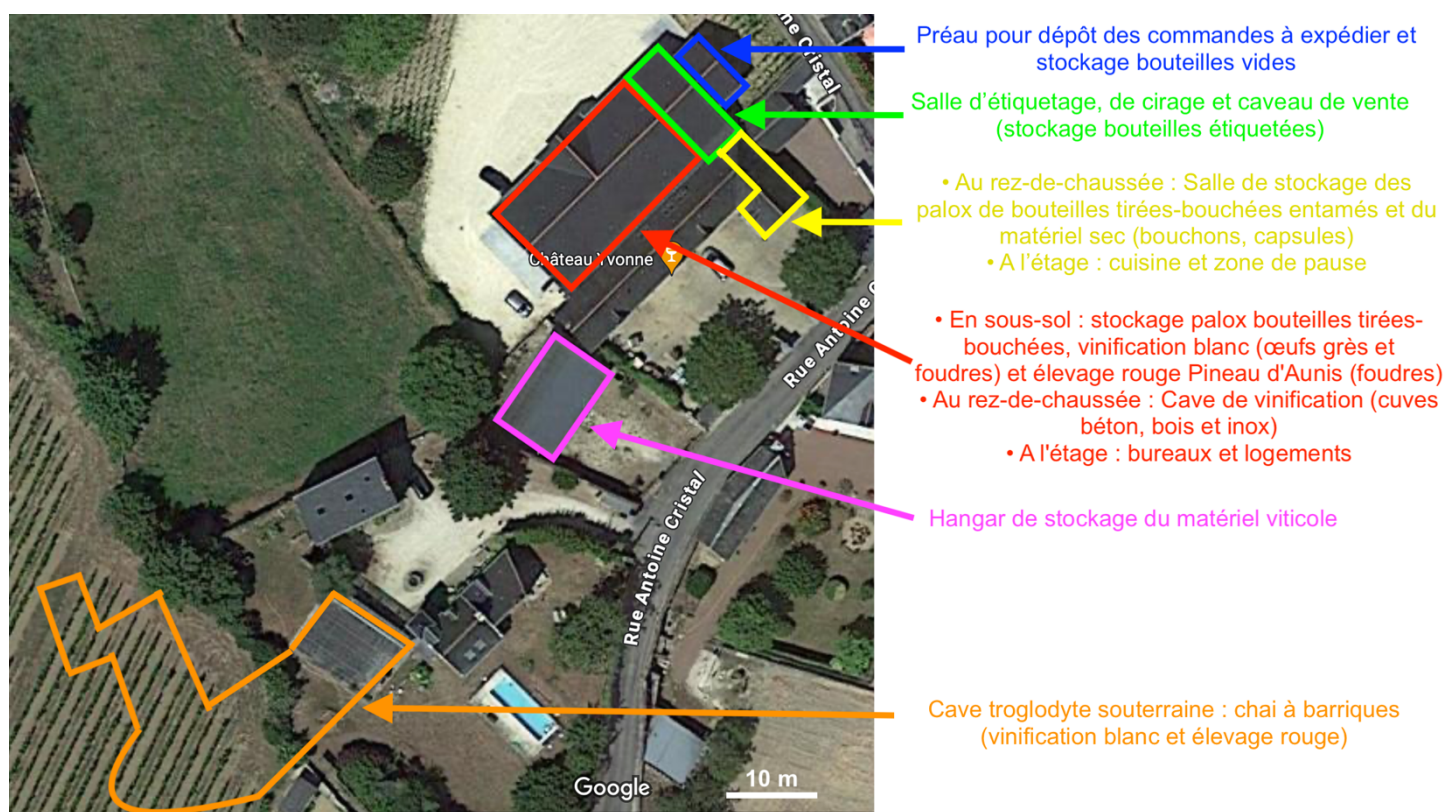


Figure 9 : Plan des bâtiments du Château Yvonne (Google Maps, 2024)

### 2.2 Description des équipements

#### 2.2.1 La cave de vinification

##### Le rez-de-chaussée

La surface de la cave mesure 350m<sup>2</sup>. Elle sert aux vinifications des vins rouges et des vins blancs, même si ces derniers n'effectuent que leur débourbage au rez-de-chaussée de la cave avant leur fermentation en petits contenants (barriques, foudres, amphores et cuves en polyester), au sous-sol ou dans le chai à barriques. Trois types de cuves sont utilisés lors des vinifications : des cuves

tronconiques bois, des cuves parallélépipédiques béton et des garde-vins cylindriques inox (Figure 10). Toutes les cuves sont équipées d'un système de thermorégulation (marque Fermline) sous forme de drapeaux internes. Il fonctionne à l'eau, permettant un refroidissement ou un chauffage de chaque cuve indépendamment. Néanmoins, à l'échelle de la cave, le système de thermorégulation utilisé ne permet pas de réaliser un refroidissement et un chauffage en même temps. Il faut donc prioriser les besoins, et raisonner à l'échelle de l'ensemble des cuves.



Figure 10 : Photographies des cuves de vinification du Château Yvonne. De gauche à droite : cuve tronconique bois (65hL), cuve parallélépipédique béton (50hL), et garde-vin cylindrique inox (50hL)

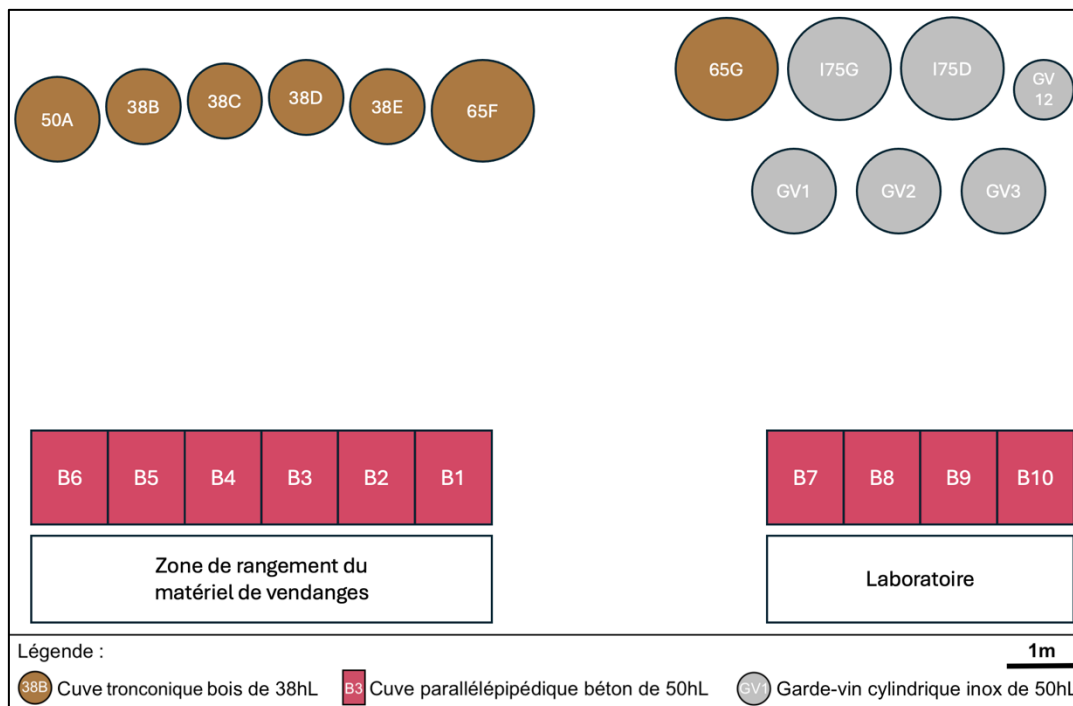


Figure 11 : Schéma de la cave de vinification du Château Yvonne

NB : les deux cuves cylindriques inox 175G et 175D ne sont pas utilisées en vinification, ce sont des cuves d'élevage du vin blanc

Comme le présente la Figure 11, les cuves béton sont rangées en batterie, ce qui est favorable pour leur inertie thermique. Cela est particulièrement intéressant pour la montée en température, et donc la stimulation de la flore levurienne, en début de fermentation alcoolique (Bely et al., 1990).

Les cuves bois sont posées sur un support en bois qui permet leur déplacement ou leur réagencement en cas de besoin.

Tableau 1 : Cuvierie de vinification du Château Yvonne

Matériau	Type de cuve	Volume de la cuve (hL)	Nombre de cuves	Localisation
Bois	Cuve fermée avec couvercle	38	4	Rez-de-chaussée
		50	1	
		65	2	
Béton	Cuve fermée avec couvercle	50	10	
Inox	Cuve à chapeau flottant (garde-vin)	50	3	
	Cuve fermée avec bouchon	12	1	
Polyester	Cuve à chapeau flottant (garde-vin)	27	1	Sous-sol
		20	3	

Le volume total de la cuvierie dont dispose le Château Yvonne dans sa cave est de 1081hL (Tableau 1). La part la plus importante du volume de vinification est représentée par les dix cuves béton. Huit d'entre elles sont en béton brut, elles sont donc affranchies à l'acide tartrique une fois par an. Les deux autres (B9 et B10) sont revêtues d'une couche résine époxydique, elles peuvent servir en vinification si les rendements sont importants mais sont principalement utilisées en élevage. Les cuves bois sont en chêne français. Elles sont fabriquées par la Foudrerie Marc Grenier, une petite foudrerie artisanale bourguignonne rachetée en 2015 par la Tonnellerie Sylvain. Enfin, les cuves inox sont en recuit brillant de finition poli miroir.

### Le sous-sol

Une petite partie de la cuvierie de vinification se trouve au sous-sol, qui n'est utilisé que pour la vinification des vins blancs. Trois garde-vins cylindriques en polyester renforcé en fibres de verre y sont stockés ; ainsi qu'une cuve inox parallélépipédique en recuit brillant de finition poli miroir. Ces contenants, moins qualitatifs et non thermorégulés, ne servent en vinification qu'en cas de récolte très importante. Ce fut néanmoins le cas en 2023 c'est pourquoi elles sont mentionnées ici comme cuves de vinification. Autrement, leur utilisation première reste du stockage de vin fini.



Ce sous-sol contient également six foudres de 12hL, fabriqués par la maison autrichienne Stockinger. Deux d'entre eux, les plus récents (moins de 5 ans), sont utilisés pour la vinification du vin blanc (Figure 12) ; les quatre autres, dont les trois plus anciens, servent pour l'élevage du Pineau d'Aunis.

Figure 12 : Photographie de deux foudres de vinification du vin blanc

Enfin, dans ce sous-sol sont disposés six contenants en grès, trois jarres de 5hL et trois œufs de 2,25hL, fabriqués par l'entreprise Biopythos (Figure 13). Leur matériau est composé d'¼ d'argile, ¼ de kaolin, ¼ de feldspath et ¼ de silice, offrant une porosité moyenne. Ils servent à la vinification des vins blancs.



Figure 13 : Photographie des jarres et œufs en grès

Enterré à 3m sous le sol, cette salle est très stable vis-à-vis des variations de température et d'humidité de l'air ambiant. Tout le reste de sa surface sert donc au stockage du vin en bouteilles « tirées-bouchées », dans des palox.

Pour le transfert des contenants, des palox de bouteilles ou du matériel de vinification, les deux niveaux de la cave sont reliés par un monte-charge.

### 2.2.2 Le chai à barriques

Depuis la fin du Moyen-Âge, le tuffeau de Saumur est un matériau très convoité. Réputé pour être une pierre de taille et d'ornementation de très belle qualité, il est largement employé dans la construction des monuments régionaux, dont les châteaux de la Loire. Les anciennes carrières sont donc très nombreuses dans la région. Anciennement valorisées en champignonnières, notamment pour la culture du champignon de Paris, elles sont aujourd'hui utilisées comme caves par les exploitations viticoles (Prigent, 1997).

Comme exposé dans la Figure 9, le Château Yvonne possède une cave troglodyte souterraine. De par son excellente inertie thermique (entre 8°C en hiver et 18°C en plein été) et son importante humidité ambiante, elle est un outil de travail très intéressant pour la vinification et l'élevage sous bois. Sa surface est d'environ 400m<sup>2</sup> ce qui permet le stockage d'environ 140 barriques (60 pour le vin blanc et 80 pour le vin rouge). La contenance la plus représentée est celle d'une pièce bourguignonne classique (228L), mais, comme le montre la Figure 14, le Château Yvonne travaille également avec des barriques de 350L et de 500L pour limiter l'apport aromatique du bois en élevage. Le chai est utilisé pour la vinification et l'élevage du vin blanc et l'élevage du vin rouge.



Figure 14 : Photographie d'une des salles de vinification du vin blanc dans le chai à barriques

Auparavant utilisé également pour la vinification des rouges en cuves tronconiques bois, il apportait parfois des goûts moisis terreux indésirables qui ont conduit le vigneron à relocaliser sa cuverie bois.



Cette cave est particulièrement authentique et pittoresque. Sa forme est très originale, elle contient plusieurs salles. Une grande salle de réception, présentée en Figure 15, se trouve à l'entrée, utilisée pour les dégustations œnotouristiques.



Figure 15 : Photographies de l'entrée du chai (à gauche) et de la salle de réception (à droite)

La principale contrainte de ce chai à barriques naturel est son éloignement de la cave principale, où le vin est vinifié et mis en bouteille. Ces deux espaces sont distants d'une centaine de mètres (Figure 9). Ainsi, le Château Yvonne est muni de deux petites cuves en inox de 10hL lui permettant de faire les transferts de vin d'un lieu à l'autre. Comme le présente la Figure 16, la cuve est fixée sur un socle plastique rigide adapté au transport par transpalette. Ainsi, c'est grâce à un chariot élévateur que les cuves sont transportées d'une structure à l'autre, le transfert étant néanmoins assez délicat. Néanmoins, le chariot ne peut pas entrer à l'intérieur du chai car il ne passe pas la porte d'entrée, la cuve tampon reste donc sur le parvis au cours du transfert du vin, qui s'effectue par gravité grâce à la pente naturelle.



Figure 16 : Cuve mobile nécessaire aux transferts de vin entre la cave et le chai

### 2.2.3 Le matériel de cave

Mise à part la mise en bouteille et la filtration du vin, le Château Yvonne réalise toutes les opérations œnologiques courantes de manière autonome. Cela implique une logistique importante et impose un amortissement financier conséquent, mais permet davantage de souplesse et de précision. Ainsi, tout le matériel de vendanges, sa réception et son tri, les équipements nécessaires au travail de vin de macération, aux soutirages, au travail sous bois, au nettoyage, à l'étiquetage,... sont possédés en propre par le Château Yvonne.



Figure 17 : Photographie de la remorque élévatrice vibrante Amos utilisée au Château Yvonne (Amos, 2023)

Le petit matériel nécessaire aux vendanges sera détaillé en 3.3.

Pour la réception de la vendange à la parcelle et l'acheminement de celle-ci jusqu'à la cave, le Château Yvonne possède deux remorques élévatrices vibrantes, d'une contenance de 40hL, fabriquées par la marque Amos. Il s'agit d'un conquet de réception attelé au tracteur vigneron. En cave, il doit être mis au sol et stabilisé à l'aide de béquilles, et branché au secteur électrique. Il est alors électroniquement mis en vibration par ses deux moteurs, permettant une évacuation progressive, réglable et quasiment autonome de la vendange.

Pour l'acheminement de la vendange jusqu'à la cuve, le Château Yvonne est équipé de deux tables de tri, l'une manuelle (nécessitant des opérateurs pour évacuer les éléments indésirables) avec un tapis roulant continu, l'autre autonome car vibrante et à grilles ajourées, d'un érafloir rotatif horizontal à batteurs (modèle Delta Évolution de la marque Bucher), et de deux sauterelles. Le schéma de l'encuvage sera présenté en 3.4.

Pour tous les transferts de liquides (moût et vin), le Château Yvonne utilise une pompe ASPIC de la marque Pichonneau (Figure 18). Elle fonctionne selon un système à deux pistons en rotation alternée, qui offre une grande variabilité de débit volumique. Une seconde pompe, moins qualitative car à débit moins continu, est utilisée uniquement en période de vendange lorsque les deux pressoirs fonctionnent en même temps.



Figure 18 : Photographie de la pompe ASPIC du Château Yvonne

Le Château Yvonne est donc équipé de deux pressoirs. Ils sont horizontaux et pneumatiques à membrane latérale. Ils sont tous deux disposés sur roues, ce qui est envisageable en raison de leur petite capacité.

Le plus gros d'entre eux a une capacité de 30hL, il s'agit du modèle PRM de la marque Velo. C'est un pressoir à cage ouverte, à deux maies fixes.

Le second est le XPF 22 de la marque Bucher (aujourd'hui Bucher Vaslin), présenté en Figure 19. Comme l'indique son, il s'agit d'un pressoir de 22hL. Il est à cage fermée avec drains collecteurs, accompagné d'une maie mobile.



Figure 19 : Photographie du presseur XPF 22 du Château Yvonne

De plus, le domaine possède l'ensemble du matériel courant d'utilisation, d'entretien et de nettoyage d'un parc de barriques : pistolet entonneur, canne de soutirage, tige de bâtonnage, lave-barriques mobile, ...

Enfin, pour l'habillage, le Château Yvonne travaille avec un groupe d'habillage automatique complet (sertissage des capsules et pose des étiquettes adhésives), il s'agit du modèle Crystal de la marque Mécamarc. Il permet de travailler jusqu'à 3500 bouteilles/h. Il est accompagné par une scotcheuse automatique qui ferme les cartons de bouteilles. Cette ligne de travail nécessite la présence de deux opérateurs minimum.

## 2.3 Gestion du personnel

L'équipe du Château Yvonne est composée de cinq permanents.

Mathieu Vallée est le vigneron et propriétaire du domaine. Ingénieur généraliste de formation, il est issu du milieu viticole, mais de l'autre rive de la Loire, en appellation Saint-Nicolas-de-Bourgueil où son grand-frère Gérald conduit l'exploitation familiale historique. Il a repris le Château Yvonne en 2007. Il est épaulé depuis 2015 par sa femme Stéphanie, en charge de la partie commerciale, administrative et de l'œnotourisme.

Le couple est accompagné de trois employés, Manon, Mickaël et Jack, tous trois titulaires d'un BTS viticulture-œnologie. Davantage présents en vigne qu'en cave, leurs tâches sont néanmoins très polyvalentes et adaptées aux besoins du domaine. Ils sont embauchés sur une base de 39h/semaine en saison haute (du printemps aux vendanges incluses) et de 35h/semaine en saison basse.

De plus, le Château Yvonne est accompagné par Laurence Salvetat, une œnologue conseil indépendante, qui suit les vins et leurs analyses œnologiques avec rigueur et précision. Ces dernières sont réalisées par le laboratoire Litov situé à 15 minutes du domaine. Il est également suivi par un expert-comptable pour la comptabilité et la facturation.

Enfin, le Château Yvonne fait appel à des ouvriers saisonniers pour le tirage des bois, les travaux en vert, et les vendanges.

## 2.4 Les vins du Château Yvonne

### 2.4.1 Gamme de produits

La gamme des vins produits par le Château Yvonne est assez importante pour un domaine de 20ha. S'appuyant sur les différences de terroir du vignoble et jouant sur les contenants et la durée de l'élevage, le vigneron sait mettre en valeur le potentiel de son exploitation. Lors d'un millésime « habituel », le domaine propose sept cuvées. Comme le présente la Figure 20, ces cuvées sont hiérarchisées en quatre niveaux.

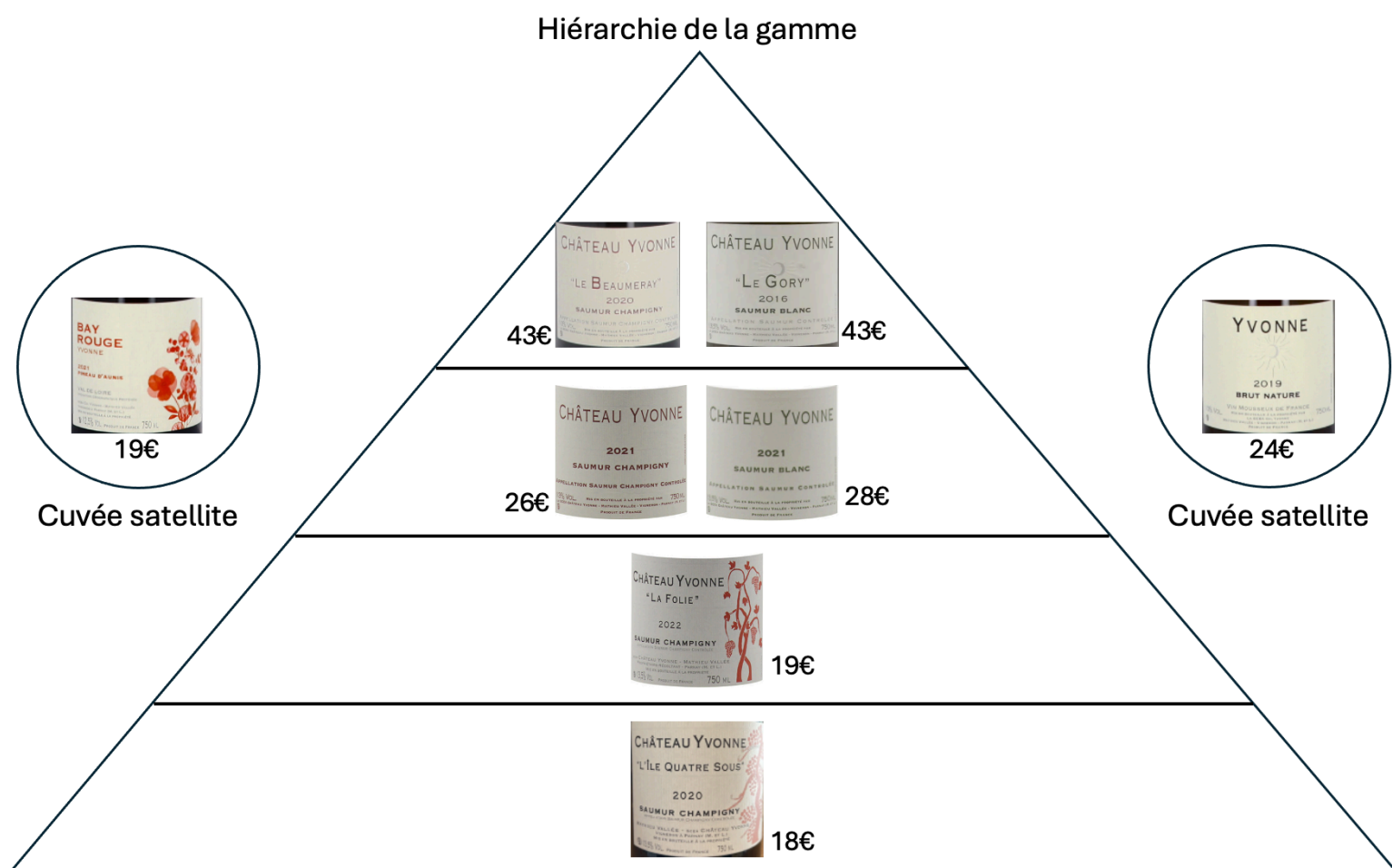


Figure 20 : Schéma hiérarchique de la gamme des vins du Château Yvonne

NB : les prix affichés sont TTC ; les différences de millésimes ne doivent pas être prises en compte

L'ile Quatre Sous est la cuvée d'entrée de gamme du domaine. Il s'agit d'un vin rouge de Cabernet franc revendiquant l'AOC Saumur-Champigny. La macération, généralement assez semblable pour tous les vins rouges, dure une vingtaine de jours en cuve béton. S'en suit un élevage est de 6 mois, également en cuve béton. Le vin produit est volontairement assez charpenté et plutôt austère.

*La Folie* est, en volume, la plus importante cuvée du domaine. Il s'agit d'un vin rouge de Cabernet franc revendiquant l'AOC Saumur-Champigny. Comme pour *l'Île Quatre Sous*, la macération est réalisée en cuve béton mais l'élevage est ici réalisé en cuve tronconiques bois, durant 4 mois. Le vin est assez souple et ouvert, son aromatique est portée sur le fruit.

La gamme *Château Yvonne* se décline en blanc et en rouge et est la vitrine du domaine.

Le vin rouge est issu des parcelles les plus qualitatives, argileuses, situées sur la côte de Saumur. Ce Cabernet franc revendique l'AOC Saumur-Champigny. La macération est réalisée en cuve tronconique bois, l'élevage en barriques durant 12 mois puis de nouveau en cuve tronconique bois durant 6 mois. Le vin est dense, structuré mais néanmoins agréable à boire dès sa mise en bouteille.

Le vin blanc est un monocépage de Chenin revendiquant l'AOC Saumur. Il s'agit d'un vin de presse directe, dont la vinification et l'élevage se réalise sous bois et en amphores (cf 2.2). L'élevage, sur lies, dure 12 mois. C'est un vin d'une grande longueur, portée par de l'acidité et une aromatique de fruits blancs.

La gamme la plus confidentielle et la plus qualitative du domaine est celle des deux cuvées parcelaires. Elle est régulièrement récompensée de deux étoiles au Guide Vert de La Revue des Vins de France.

*Le Beaumeray* est issu d'une parcelle de Cabernets francs très équilibrés en termes de rapport feuille/fruit, le substrat est argilo-calcaire. Cette cuvée revendique l'AOC Saumur-Champigny. La macération est réalisée en cuve tronconique bois, l'élevage en barriques durant 24 mois. Le vin est très frais, à l'aromatique de fruits noirs et de notes florales délicates.

*Le Gory* est vinifié et élevé de manière identique au *Château Yvonne*, mais la production est issue d'une seule parcelle confèrent plus d'amplitude au vin. Il revendique l'AOC Saumur.

Autour de cette gamme pyramidale gravitent deux cuvées « satellites », plus originales et en rupture avec l'identité du domaine.

*Bay Rouge* est le vin issu des pieds de Pineau d'Aunis. Très léger en couleur et en bouche (notes de poivre et d'agrumes), ce vin est destiné à des consommateurs de vin rouge souple, de plus en plus nombreux. Il est déclassé en IGP Val de Loire en raison du cépage.

Enfin, en 2019, le Château Yvonne s'est essayé aux vins mousseux en vinifiant *Yvonne Brut Nature* selon la méthode ancestrale. Il restera 24 mois sur lattes avant son dégorgement et sa commercialisation. Il assume une maturité du raisin poussée, offrant de la rondeur en bouche.

La carte du parcellaire mettant en lumière les terroirs associés à chaque cuvée est proposée en Figure 21.

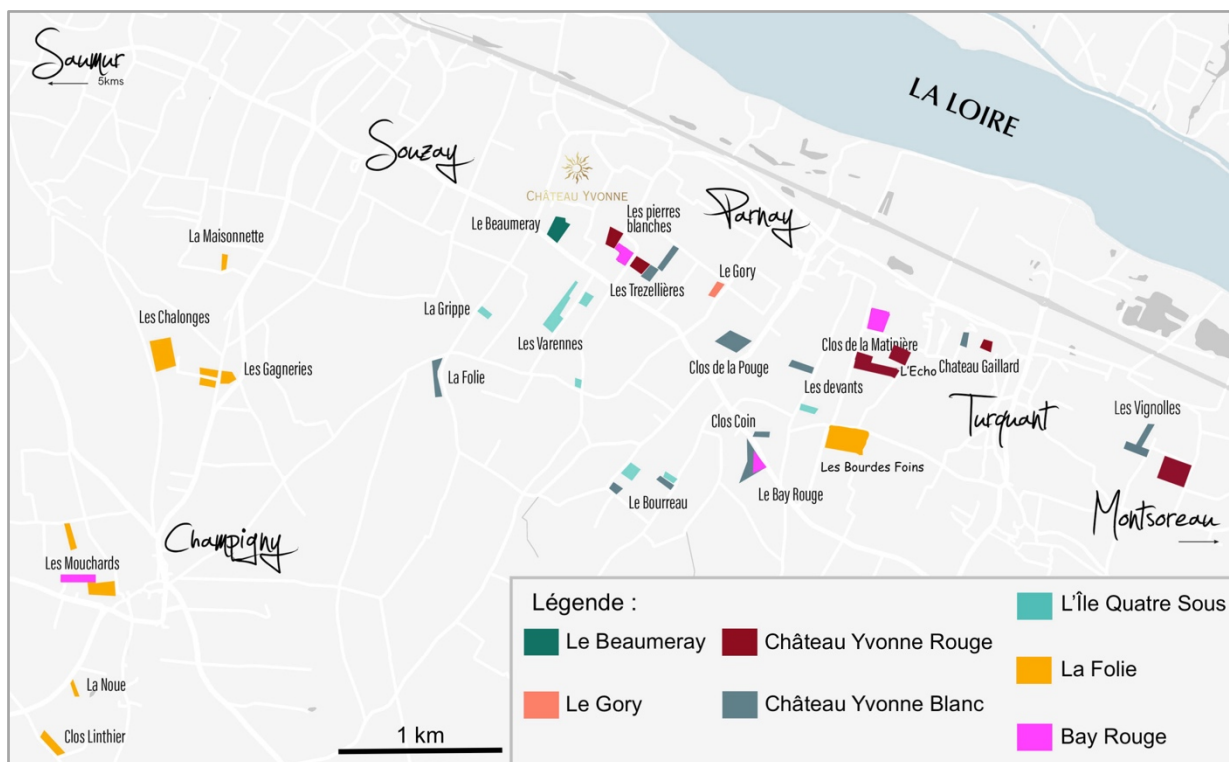


Figure 21 : Cartographie du parcellaire des cuvées du Château Yvonne

Suivant la proportion des couleurs des cépages présentées en 1.3, la gamme propose une plus importante diversité de vins rouges que de vins blancs. Cela est d'autant plus perceptible depuis que le Château Yvonne a intégré le Pineau d'Aunis à sa production, en 2021. De plus, contrairement au vin rouge où la gamme s'est élargie, proposant des cuvées plus accessibles (financièrement mais également gustativement), les deux cuvées de blanc du domaine se veulent haut de gamme. En effet, le Château Yvonne a bâti sa réputation sur la qualité de ses vins blancs, et ceux-ci s'étant raréfiés en AOC Saumur ces dernières décennies, le vigneron a pris le parti de rester sur un marché de connaisseurs de vins pour les blancs. Pour rester fidèle à la qualité de ses vins, il n'hésite pas à faire évoluer ses cuvées en fonction des millésimes, comme en 2023 où *Le Gory* ne sera pas produit en raison d'un état sanitaire de la vendange trop dégradé. Il sera remplacé par l'arrivée d'un nouveau parcellaire, *Les Arbres*.

#### 2.4.2 Volumes et commercialisation des vins

Suivant les millésimes, les quantités de raisins récoltés et donc les volumes de vins produits varient selon des facteurs environnementaux imprévisibles (gel, grêle, sécheresse,...) que le vigneron ne peut qu'accepter. Le Tableau 2 ci-dessous présente les volumes, convertis en nombres de bouteilles, qui seront produites par le Château Yvonne pour le millésime 2023. Comme expliqué plus haut, la cuvée *Le Gory* n'y figure pas.

Tableau 2 : Nombre de bouteilles prévisionnelles par cuvée au millésime 2023

Nom de la cuvée	Vins rouges					Vins blancs	
	L'île Quatre Sous	La Folie	Château Yvonne	Le Beaumeray	Bay Rouge	Château Yvonne	Les Arbres
Nombre de bouteilles	13 000	48 000	20 000	2 500	7 000	20 000	1 500

La totalité de la production est commercialisée en bouteilles. C'est un choix fort en termes d'engagements et de contrôle qualité, qui correspond à l'image haut de gamme que souhaite véhiculer le domaine viticole.

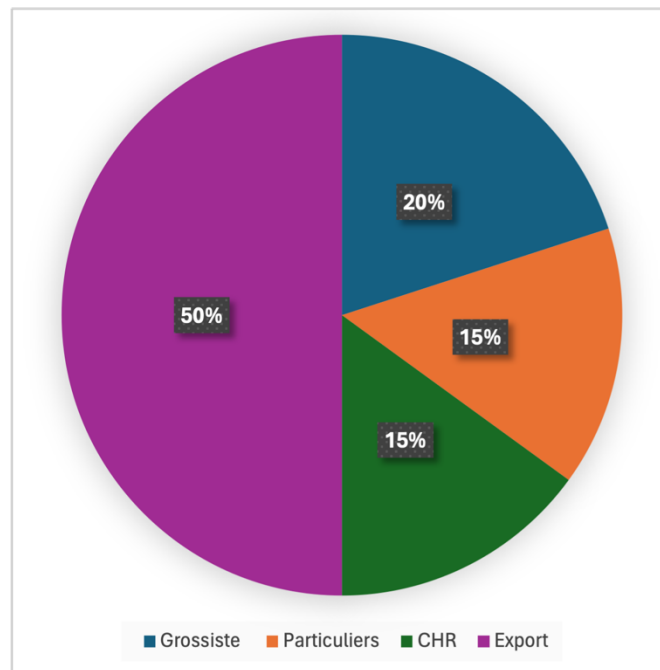


Figure 22 : Graphique des secteurs de commercialisation des bouteilles du Château Yvonne (pourcentage en volume)

Comme le présente la Figure 22, les ventes à l'export représentent la moitié du volume de vin commercialisé par le Château Yvonne. Les principaux importateurs sont l'Amérique du Nord (Etats-Unis et Canada), l'Europe de l'Ouest (Benelux en majorité) et l'Asie (Japon, Chine et Vietnam en développement). Si le marché international est très porteur pour le domaine, il n'en reste pas moins concurrentiel et plus exigeant en termes de normes (intrants, contre-étiquetage,...). Pour le sécuriser, le Château Yvonne passe par des grossistes importateurs tels que Paris Wine Company et Rézin.

Les grossistes nationaux, qui se positionnent en tant que plateforme de sélection et de revente des vins, sont responsables de 20% de la commercialisation du Château Yvonne. Le principal grossiste avec qui travaille le Château Yvonne est ViniBeGood, une entreprise ligérienne associant des vignerons à des agents de distribution répartis dans toute la France.

Enfin, la vente au CHR et aux particuliers représente le dernier tiers de commercialisation, avec une répartition équivalente entre ces deux secteurs. Grâce à sa position stratégique le long des châteaux de la Loire, le vignoble de Saumur jouit d'une jolie exposition touristique. Il s'agit en particulier de touristes européens prenant le temps de découvrir les vignobles à vélo.

## 3. MATURATION DU RAISIN ET ORGANISATION DES VENDANGES AU CHATEAU YVONNE

### 3.1 Préparation du domaine aux vendanges

Sur l'ensemble de la campagne annuelle, les vendanges sont l'étape la plus cruciale pour la qualité du vin et la plus intense en termes de charge de travail dans une exploitation viti-vinicole. Il est donc judicieux d'anticiper les tâches nécessaires à son bon déroulement et de se prémunir au maximum des risques de dysfonctionnement d'un équipement.

Au Château Yvonne, l'équipe prépare la cave dès deux semaines avant la date prévisionnelle du démarrage des vendanges.

Le premier volet concerne la disponibilité de la cuverie. En effet, dans le cas du Château Yvonne, certains contenants de vinification servent également de contenants d'élevage. Néanmoins, la rotation et les durées d'élevage des différentes cuvées sont pensées pour ne pas chevaucher sur la récolte suivante. Fin août, seuls les vins blancs sont encore dans des contenants de vinification, ils sont donc relogés dans des cuves inox (cf Figure 11).

La deuxième étape est la vérification du fonctionnement des équipements. En effet, la majorité des équipements nécessaires au transport et à la réception des vendanges ne sert que pendant les vendanges, et n'a donc plus été utilisée depuis un an. Sont donc testés tous les appareils électriques (remorques vibrantes, tables de tri, sauterelles,...) mais également les équipements des vendangeurs (épinettes, hottes,...). Le fonctionnement des équipements courants (pompe, tuyaux, système de thermorégulation des cuves,...) est également vérifié.

Le troisième axe de travail est le nettoyage de tout le matériel qui sera utilisé, en particulier les contenants de vinification. Les cuves sont nettoyées au peroxyde, les contenants en bois sont nettoyés à la vapeur (cuves) ou « méchés » (barris et foudres), nettoyage par la combustion du soufre. L'affranchissement annuel des cuves béton, méthode clef pour garantir leur propreté, est également effectué durant ce temps de préparation.

Enfin, la dernière étape est l'inventaire du stock d'intrants œnologiques. La disponibilité et les DLUO des bidons de soufre et des bouteilles de neige carbonique sont consultées.

Les vendanges sont manuelles, il est donc indispensable d'embaucher du personnel supplémentaire pour la récolte et le tri des raisins. Le recrutement des vendangeurs est un point clef de la réussite des vendanges. En raison de l'essor de la récolte mécanique, la main d'œuvre saisonnière est de plus en plus délicate à trouver. De plus ce phénomène tend à s'auto-alimenter, puisque la difficulté de recrutement pousse bon nombre de vignerons à se tourner vers la mécanisation (Girard, 2023). Le Château Yvonne entretient donc un réseau de saisonniers locaux, principalement des retraités ou des intérimaires, qu'il cherche à fidéliser d'une année à l'autre. Deux missions leur sont proposées : la coupe et le transport. Les plus expérimentés peuvent également être embauchés pour aider dans la cave. Il convient donc de constituer son équipe suffisamment en amont pour être prêt lorsque les raisins le seront.



## 3.2 Maturation du raisin

### 3.2.1 Point technique concernant la maturation des baies

La maturation des raisins commence au stade physiologique de véraison : il s'agit du moment à partir duquel les baies commencent à accumuler sucres et anthocyanes (Carbonneau et al., 2020). Par équilibre des pressions osmotiques, les raisins se remplissent également d'eau, ce qui entraîne une augmentation de leur volume et de leur poids. En parallèle, l'acide malique est catabolisé dans les mitochondries. La diminution de sa quantité est souvent perçue comme un paramètre pertinent de l'évaluation de la maturation des raisins (ICV, 2020). Enfin, lors cette phase a également lieu la biosynthèse de précurseurs aromatiques, et parfois de quelques composés aromatiques libres. Leur nature et leur quantité sont définies par des paramètres biotiques (cépage, état hydrique de la plante) et abiotiques (météo, région).

L'évolution simultanée de tous ces paramètres rend difficile la notion de « maturité » du raisin. Il est nécessaire de la replacer dans un contexte, on définit alors « plusieurs maturités » du raisin :

- une maturité phénologique, définie comme la fin du cycle végétatif (donc annuel) de la plante ;
- une maturité physiologique, définie comme l'aptitude des pépins à germer ;
- une maturité technologique, définie par le rapport des concentrations sucres/acides ;
- une maturité polyphénolique, définie par la coloration de la pellicule et la qualité des tanins de toute la baie (pépins compris) ;
- une maturité aromatique, définie par la disparition d'arômes végétaux désagréables et la présence d'arômes intéressants, ceux-ci étant néanmoins souvent indécélables car sous forme de précurseurs.

Pour l'œnologue, seules les maturités technologique, polyphénolique et aromatique sont à considérer. Il convient donc de chercher le moment optimal, lors duquel ces trois maturités de la baie sont les plus synchrones. Pour cela, l'étude de la durée de la phase physiologique précédente, la phase herbacée (encadrée par la floraison et la véraison), peut s'avérer pertinente (Deloire, 2013). En effet, la durée de la phase de maturation est très similaire à celle de la phase dite herbacée : environ 50 jours chacune. Néanmoins, ce repère calendaire reste très approximatif et ne peut suffire à prévoir une date de vendanges précise. Il doit être accompagné d'un suivi analytique des composés chimiques des raisins, et de dégustations.

### 3.2.2 Suivi des maturités et choix de la date de récolte

Au Château Yvonne, le suivi des maturités est réalisé de manière assez empirique. La maturation est tout d'abord suivi visuellement, avec le changement de couleur concomitant à la véraison. Ensuite, la dégustation de baies est le principal indicateur suivi par le vigneron. Il se concentre tout d'abord sur la maturité technologique. Une fois cette maturité semblant sur le point d'aboutir, une vérification des paramètres courants que sont la richesse en sucres et le pH peut être effectuée à la cave, selon un protocole de récolte aléatoire des raisins. Néanmoins la date de récolte n'est déterminée avec précision que lors des passages suivants, durant lesquels le vigneron se concentre sur la finesse de la pellicule, la maturité des pépins, et la qualité aromatique des raisins. Si cette méthode de suivi de la maturité fonctionne au Château Yvonne, c'est en particulier du fait de l'expérience et de la prise de recul du vigneron. Il semble néanmoins important de rappeler l'importance et la robustesse

scientifique de l'analyse chimique, d'autant plus dans le contexte du dérèglement climatique qui bouleverse les vitesses de chargement en sucres et la biosynthèse de métabolites secondaire des raisins, avec une variabilité inter-annuelle très importante (Rousseau, 2018).

Non abordés jusqu'à présent, la qualité sanitaire du raisin et les prévisions météorologiques sont également deux paramètres influant fortement sur le choix de la date de vendanges.

Au cours de la maturation de la baie, sa pellicule s'affine, ce qui augmente sa vulnérabilité. Le principal risque est le développement de pourritures (grises et/ou acide) sur les baies, pour qui les composés organiques du raisin sont des substrats précieux. En effet, elles métabolisent le glucose, les polyphénols et les précurseurs d'arômes en différents composés indésirables (acide gluconique, géosmine,...). De plus, leur développement cause également des pertes de récolte, par écoulement des jus par rupture de l'intégrité de la baie et en raison des difficultés de pressurage induites leur sécrétion de glucanes. Le développement de ces champignons étant favorisé par l'humidité, il convient donc de consulter les prévisions météorologiques afin d'anticiper des risques de dégradation de la récolte (Viret et Siegfried, 1995).

Enfin, pour des raisons plus pragmatiques (confort des équipes) mais également œnologiques (dilution des composés d'intérêt), il convient de faire attention aux pluies.

### 3.2.3 Caractéristiques des vendanges 2023

Les vendanges 2023 au Château Yvonne ont mis en lumière les compromis de maturation évoqués dans le paragraphe précédent. Elles furent très discontinues : elles ont duré du 14 septembre au 10 octobre, mais seuls 16 jours de récolte ont eu lieu. Le développement des pourritures acide et grise ont totalement bousculé le calendrier de récolte (Bazireau, 2023).

En effet, principalement en raison de la pluviométrie importante de la campagne 2023 mais également des hautes températures entre fin août et mi-septembre, les grappes de Pineau d'Aunis et de Chenin ont été rapidement touchées par la pourriture acide (cf Figure 23). Son développement a mis en jeu des agents « blessants », probablement des guêpes et de l'oïdium, qui ont rompu l'intégrité de la baie. Diverses bactéries et levures opportunistes se sont alors immiscées dans les raisins, y catabolisant les sucres en acide gluconique et en acide acétique. Enfin, cette flore délétère a été propagée à l'ensemble du vignoble par des drosophiles (Blancard, 2023). Les dégâts sur la récolte ont été assez importants, en qualité avec des teneurs d'acidité volatile très élevées dans les moûts, et en quantité où la perte s'estime à 30%. Les grappes de Pineau d'Aunis et de Chenin ont été particulièrement exposées à cette attaque en raison de la très fine pellicule de leurs baies et de leur important entassement.



Figure 23 : Photographie de grappes de Chenin atteintes par la pourriture acide - 25/09/2023

En parallèle, le vignoble du Château Yvonne a enregistré une forte pluie (40mm) le 21 septembre, après quelques jours de vendanges. Elle a eu pour conséquence la dilution des composés du raisin (ICV, 2022), mais également l'éclosion de la pourriture grise (*Botrytis cinerea*) dans les parcelles de Cabernet franc. Ainsi, les vendanges ont été organisées différemment des autres années.

Les parcelles de Pineau d'Aunis furent vendangées en tout premier car l'état sanitaire de la parcelle devenait inquiétant, et que la maturité des baies semblait acceptable au regard de l'objectif de production souhaité.

Les raisins de Chenin n'étaient pas jugés assez mûrs, le vigneron a donc fait le choix de les récolter par tries successives, à la manière d'une récolte de liquoreux. Les parcelles de Chenin ont donc été vendangées trois fois, avec une semaine d'intervalle entre chaque passage. Lors des deux premiers passages, la consigne fut de ne récolter que les grappes visuellement mûres (baies plus dorées) et les grappes légèrement touchées par la pourriture acide, en laissant au sol les portions de grappes touchées, et de faire tomber au sol les grappes très touchées. Le dernier passage fut encore plus délicat, la pourriture acide ayant progressé et les pourritures grise et noble s'étant développées. La consigne fut donc de ne récolter que les grappes saines et « touchées » par la pourriture noble. Ce travail fut particulièrement délicat, et a demandé une formation particulière de l'équipe. Malheureusement, probablement en raison de la pluie, de l'importante charge en raisins et des attaques des pourritures, les maturités n'ont pas tellement évolué d'un passage à l'autre.

Les vendanges des parcelles de Cabernet franc, habituellement en dernier, ont été intercalées entre les tries successives de Chenin. La récolte fut ordonnée selon l'avancée de la maturation et la progression de la pourriture grise. Les consignes furent de ne pas récolter les grappes touchées à plus de 10% par la moisissure. Néanmoins, l'humidité s'étant bien dissipée, celle-ci ne s'est plus tellement développée au cours du mois d'octobre. Cela a permis de laisser le temps à toutes les parcelles d'atteindre la maturité attendue, et d'assouplir la cadence de la récolte.

### 3.3 Organisation de la récolte des raisins

L'ensemble du vignoble est vendangé à la main. L'équipe est composée d'une vingtaine de personnes, réparties en « coupeurs » et en « porteurs ». Les coupeurs sont équipés d'épinettes (de petits sécateurs), ils récoltent les grappes dans des seaux d'une contenance de 10L. Ils sont organisés à deux par rang de vignes, en face à face. Une fois leur seau plein, ils le déversent dans la hotte (d'une contenance de 50L) transportée par le porteur dans l'inter-rang. Sa tâche est d'acheminer la récolte jusqu'au bout du rang, où se situe le stockage. Le rôle du porteur est primordial : c'est lui qui définit le rythme de coupe par la vitesse de ses allers-retours jusqu'au lieu de déchargement. Le nombre de coupeurs par porteur est également un paramètre de la vitesse d'avancement du chantier. Il est généralement de 4, mais peut aller jusqu'à 6 si les rangs de vigne sont plus courts. De même, la position du tracteur de déchargement est à optimiser selon la taille de la parcelle. Si les rangs sont longs, il est judicieusement choisi de commencer au milieu de la parcelle pour faire deux demi-rangs.

Pour les blancs, le stockage de la récolte a lieu dans des comportes non ajourées d'une contenance de 90L, limitant au maximum l'entassement des raisins (Figure 24). Elles sont ensuite empilées sur une remorque plateau. Les bords des comportes sont inversés ce qui permet de les empiler sans appuyer sur les raisins.

Pour les rouges, le déchargement s'effectue dans une remorque élévatrice vibrante, présentée en 2.2.3. L'entassement des grappes y est plus important que dans des comportes unitaires, mais cela est moins préjudiciable pour des raisins destinés à une macération. De plus, le contact jus-matières solides est limité puisque la remorque est équipée d'un double fond avec une grille d'égouttage. En outre, l'utilisation d'une remorque élévatrice vibrante libère la personne s'occupant de charger les comportes sur la remorque plateau, ce qui accélère le chantier de récolte.



Figure 24 : Photographie des comportes et de leur chargement sur la remorque

La récolte des blancs n'a lieu que le matin, afin de limiter la température du raisin lors de son pressurage mais surtout de diminuer l'énergie nécessaire au refroidissement du moût pour son débourbage. L'horaire de récolte des rouges a moins d'incidences œnologiques et énergétiques, elle se poursuit donc tout au long de la journée jusqu'à 16h. Pour les deux types de chantiers, le Château Yvonne équipé de deux remorques, attelées sur deux tracteurs, ce qui permet de travailler en flux tendu de la vigne jusqu'à la cave. Des communications régulières, téléphoniques ou via le tractoriste se chargeant du transport de la vendange, sont nécessaires pour assurer une synergie efficace.

### 3.4 Organisation de la réception des raisins en cave

La réception de la vendange s'effectue dans la cave, son aménagement et ses dimensions ayant été pensées pour que le tracteur et sa remorque puissent y pénétrer en marche arrière. Chaque matin de vendanges, l'équipe permanente installe la réception adéquate à la récolte prévue.

#### 3.4.1 Réception des vendanges destinées à la production de vin blanc

La capacité de la remorque plateau transportant les vendanges de Chenin est de 60 comportes (15 comportes sur 4 niveaux). Néanmoins, en raison de l'étalement et de l'important morcellement du vignoble, le nombre de comportes est souvent davantage conditionné par la quantité de vendanges de la parcelle que par la capacité de la remorque. En effet, lors d'un changement de parcelle, il est souvent plus judicieux d'amener à la cave le chargement récolté plutôt que de le transporter sur la parcelle suivante. Cela fut davantage mis en valeur lors des vendanges 2023 puisque, en raison des tries successives, les changements de parcelles furent fréquents. Comme expliqué en 2.2.3, le Château Yvonne possède deux pressoirs pneumatiques. Leurs qualités de pressurage sont très similaires, mais pas leur capacité. Ainsi, le pressoir utilisé est ajusté à la quantité de vendange du chargement.

La réalisation d'un tri en cave est la méthode la plus efficace pour sélectionner la qualité des raisins vinifiés. La luminosité y est bien plus fiable que dans la parcelle, ce qui améliore l'objectivité des

opérateurs. De plus, au Château Yvonne, les opérations de tri en cave sont réalisées par des opérateurs plus formés, et donc plus vigilants quant à la qualité des raisins sélectionnés. Le débit du chantier est volontairement lent afin de pouvoir trier autant que possible. Il est défini par l'opérateur 2 sur la Figure 25, qui renverse progressivement les raisins sur la table de tri. Cette tâche est particulièrement physique et difficile, une comporte pleine pesant environ 60kg. Une rotation est donc mise en place entre plusieurs opérateurs. En raison des dégâts de pourriture acide, le tri fut encore plus drastique. Pour limiter au maximum les déviations que cette maladie génère, dont l'acidité volatile, toutes les grappes visuellement et olfactivement dégradées furent évacuées dans des comportes de tri (autour des opérateurs 3 et 4 sur le schéma). Le rôle de ces opérateurs est également d'éliminer les corps étrangers (feuilles, fragments de bois, attache-baguettes en plastique,...) mélangés à la vendange. Enfin, le Château Yvonne fait le choix de ne pas érafler les grappes avant leur entrée dans le pressoir. Ce choix technique, qui sera détaillé en 4.1.1, nécessite néanmoins la présence d'un opérateur supplémentaire (numéro 5 sur le schéma). En effet, les grappes s'accrochent les unes aux autres par leurs pédicelles et s'entassent sous forme de pyramide sous la trappe centrale du pressoir. Le rôle de l'opérateur est donc d'étaler la vendange de manière homogène dans tous les recoins du pressoir, afin d'optimiser la capacité disponible et d'assurer un pressurage efficace et identique sur toutes les grappes.

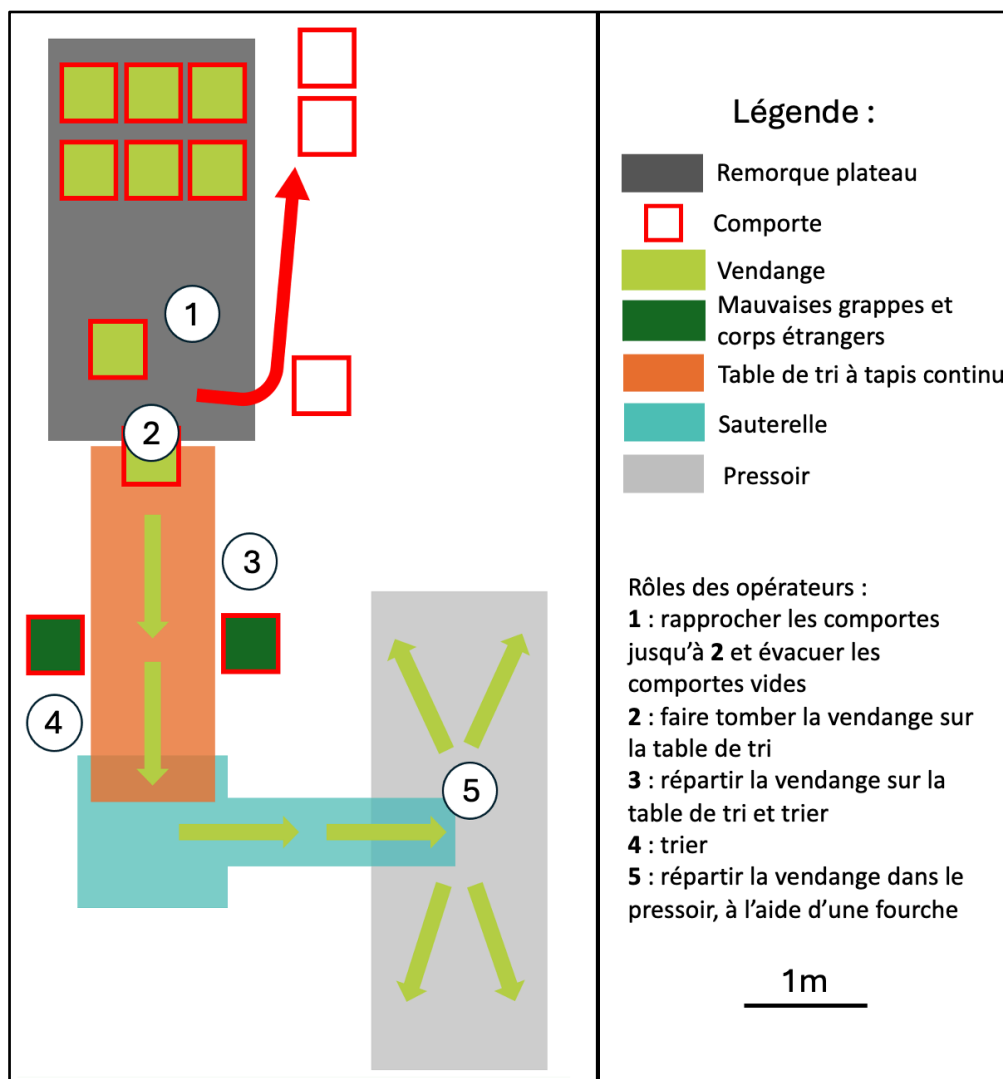


Figure 25 : Schéma de la réception des vendanges destinées à la production de vin blanc

### 3.4.2 Réception des vendanges destinées à la production de vin rouge

Le débit de chantier en cave étant plus rapide en rouge qu'en blanc, le nombre de vendangeurs est plus important pour la récolte des rouges. De plus, les récoltes de rouge ayant été plus continues, ne nécessitant qu'un seul passage par parcelle, et les parcelles étant de taille plus importante, le facteur déclenchant le retour des remorques élévatrices vibrantes en cave fut principalement que leur capacité maximale était atteinte. La préparation de l'installation se fait en fonction du choix de la cuve à remplir, défini par la provenance et la qualité des raisins récoltés. En effet, les récoltes les plus qualitatives seront encuvés dans les cuves bois, les autres dans les cuves béton. Le schéma proposé en Figure 26 présente le remplissage d'une cuve béton.

La première étape est le branchement électrique de la remorque élévatrice vibrante. Il est nécessaire de la relier à un variateur permettant de piloter sa fréquence de vibration précisément. Cette tâche sera assurée par l'opérateur 2, le plus en amont sur la table de tri. Néanmoins, même si la fréquence de vibration est fixe, la chute des grappes qui en découle n'est pas toujours parfaitement homogène. A l'instar des amas dans le pressoir, la vendange s'entasse au niveau de sa porte d'évacuation. Afin de réaliser un tri homogène et efficace, il est nécessaire qu'un opérateur (numéro 1) se charge de gérer le flux d'évacuation de la vendange, depuis le haut de la remorque. Ce poste est celui du conducteur du tracteur. Les opérateurs 1 et 2 pilotent donc en binôme le débit de l'ensemble du chantier de réception.

Le tri des mauvaises grappes et des corps étrangers, principalement végétaux, est très important dans l'optique de la production d'un vin avec macération. En effet, les constituants vont rester en contact pendant plusieurs semaines, il est donc important de limiter au maximum l'introduction de particules pouvant apporter des faux-goûts au vin final (herbacés principalement).

Cette visée est combinée par l'éraflage de la vendange. Cette technique demande la présence d'un opérateur supplémentaire (numéro 3) pour évacuer les rafles dans la benne à déchets verts. Les vendanges ayant été plutôt précipitées par le développement de la pourriture grise, la lignification des rafles n'a pas eu le temps d'avoir lieu. Leur présence en macération risque donc d'augmenter l'amertume et la dureté du vin, par l'extraction de tanins verts et de composés séveux (Asselin et Delteil, 1999). Le choix d'érafler est également motivé par le rendement prévisionnel, particulièrement élevé, et donc la nécessité « gagner de la place ». Le volume des rafles peut représenter jusqu'à 30% du volume total d'une cuve (Ribéreau-Gayon et al., 2020a). Pour améliorer l'efficacité de l'éraflage, le Château Yvonne est également équipé d'une table de tri vibrante ajourée, comprenant une partie avec un tri par rouleaux. L'écartement des rouleaux est réglé de manière à ce qu'il laisse passer les raisins mais pas les corps étrangers plus gros, dont les fragments de rafles.

Néanmoins, le choix inverse aurait également pu se justifier, les rafles inhibant l'activité laccase de *Botrytis cinerea*, responsable de la casse oxydasique et donc de pertes de couleur du vin (Ribéreau-Gayon et al., 2020a).

Enfin, l'opérateur 4 accompagne le tri, tout en supervisant la fin de la chaîne d'encuvage. Il est nécessaire de contrôler régulièrement la qualité du travail effectué par les machines autonomes telles que la table de tri vibrante. Son rôle est également de surveiller le remplissage de la cuve, en gardant en tête qu'un volume mort de 20% est nécessaire en prévision de l'augmentation du volume du mélange en fermentation (Ribéreau-Gayon et al., 2020a). Il déclenche au besoin l'arrêt de la ligne et

son décalage vers une autre cuve. La vendange est sulfitée en cohérence à la cadence du remplissage. Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) est ajouté sous sa forme liquide, afin de se diffuser au mieux dans tout le mélange. Son utilisation est nécessaire dans le cas de l'encuvage d'une vendange altérée : son action antioxydasique permet de limiter l'oxydation enzymatique des polyphénols du moût, en particulier par la laccase sécrétée par *Botrytis cinerea*. Il est donc ajouté à la concentration de 3g/hL, en trois fois.

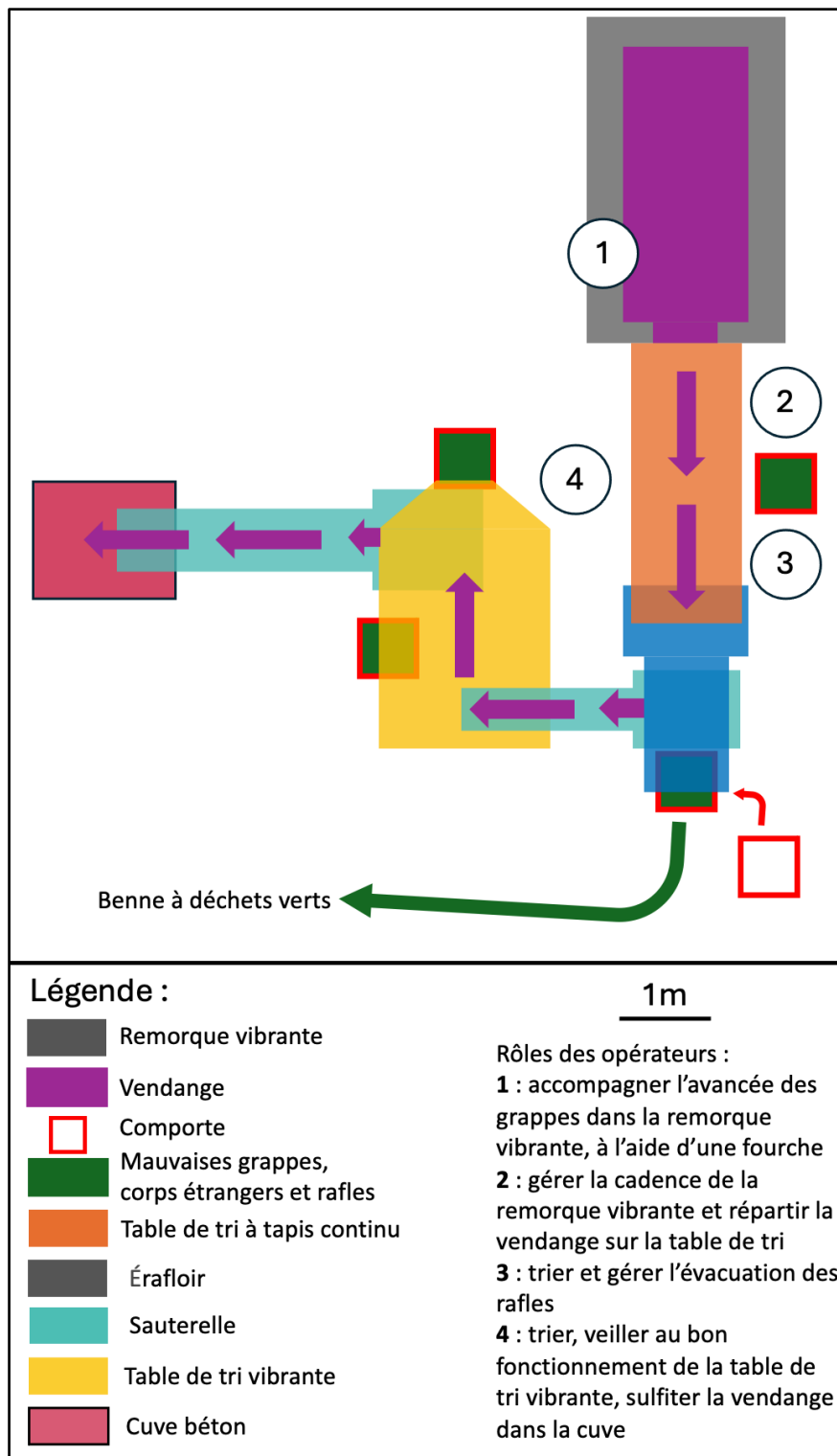


Figure 26 : Schéma de la réception des vendanges destinées à la production de vin rouge

## 4. LES VINIFICATIONS AU CHATEAU YVONNE

### 4.1 Vinification du vin blanc

#### 4.1.1 Pressurage de la vendange

Le pressurage débute dès que toutes les grappes ont été introduites dans le pressoir. Aucune macération pelliculaire n'est donc pratiquée. Le pressurage est une étape cruciale dans l'élaboration des vins dits « de pressurage direct ». Le vigneron le contrôle par différents paramètres, en particulier sa durée, les pressions exercées, et le nombre de rebêches.

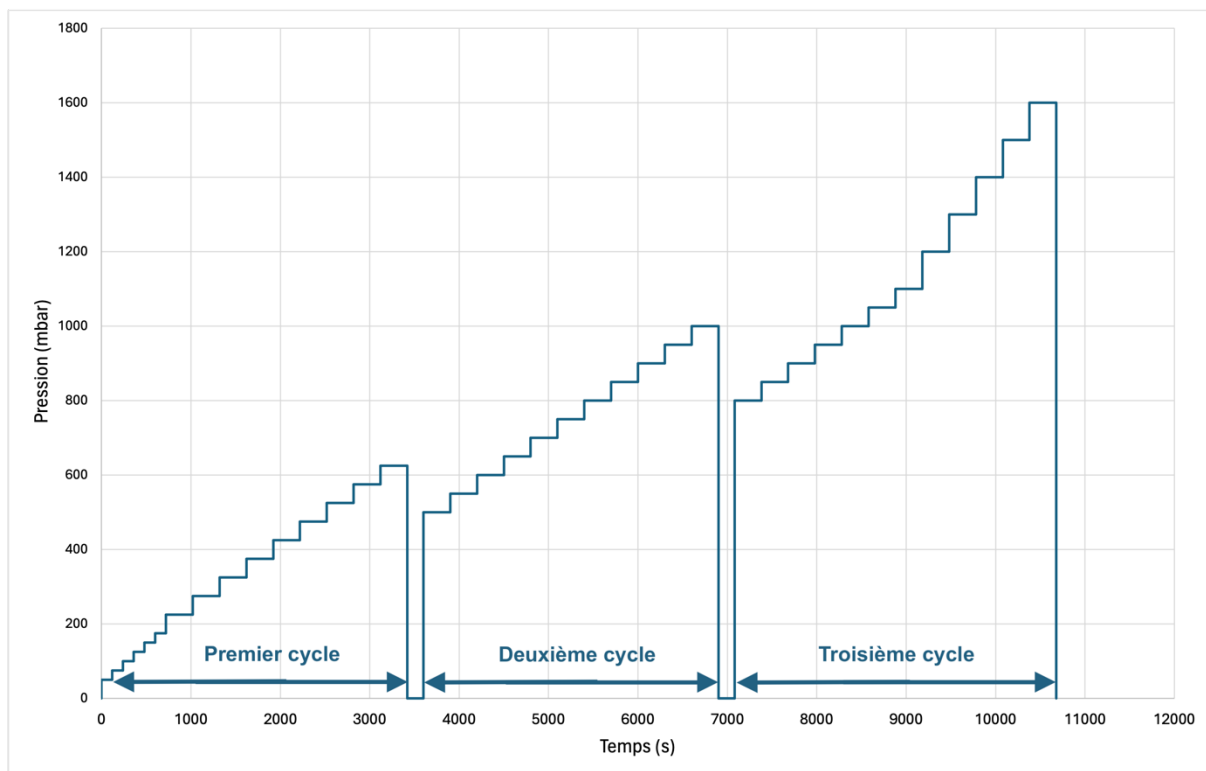


Figure 27 : Graphique de l'évolution de la pression exercée sur les raisins en fonction du temps - pressurage vin blanc

La Figure 27 nous présente le schéma de pressurage pratiqué au Château Yvonne. Il est composé de trois cycles, séparés par deux étapes de rebêche lors de la chute de pression à 0mbar. Dans le cas d'un pressoir cylindrique horizontal, la rebêche correspond à un tour sur lui-même du pressoir. En émiettant et en redistribuant le marc formé par la compression, elle permet d'augmenter l'efficacité du pressurage. Les montées en pression de la membrane souple sont progressives, par paliers. Les paliers durent trois minutes en début de pressurage, puis cinq minutes.

Dans le cas du Château Yvonne, la vendange est pressée sous forme de grappes entières. Ce choix technique permet de limiter la trituration des baies en amont du pressurage, mais est surtout bénéfique pour l'écoulement des jus. Les rafles quadrillent le marc, formant un grillage poreux qui draine bien le moût. Celui-ci tombe dans une grande maie fixe (environ 5hL), son débit d'évacuation est fixé par un flotteur. Elle est en effet reliée à une pompe, qui envoie le vin dans un des garde-vins



inox. La pompe s'active lorsque le volume de moût dans la maie dépasse le niveau haut du flotteur. Elle tourne alors pendant quelques minutes, jusqu'à ce que le flotteur retourne à son point bas.

Le sulfitage intervient en cours de pressurage. Il est en effet plus précis et plus homogène d'ajouter le SO<sub>2</sub> liquide dans une phase liquide que sur la vendange. Néanmoins le volume de solution à introduire reste assez difficile à définir avant que le cycle de pressurage ne soit terminé. C'est pourquoi le SO<sub>2</sub> est ajouté plutôt en fin de pressurage. La vendange est assez altérée par la pourriture acide, et l'introduction de bactéries acétiques dans le milieu est un risque certain. Néanmoins la dose choisie est, comme pour les rouges, 3g/hL.

Une fois le pressurage terminé un prélèvement de moût est réalisé afin de connaître ses principales caractéristiques chimiques. Une première analyse rapide sur le domaine (Taux Alcoométrique Volumique Potentiel (TAVP) et pH) est complétée par une analyse du laboratoire, comme présenté par le Tableau 3. Le pH du moût, faible car inférieur à 3,3 pour les deux échantillons, lui garantit une bonne protection microbiologique. Sa fermentescibilité, définie par sa teneur en azote assimilable (Nass) en rapport de son TAVP, est correcte. Les concentrations en azote assimilable sont proches des 140mg/L, valeur cible pour un moût de TAVP de 12%vol (IFV, s.d.). En revanche les concentrations en acidité volatile (AV) sont élevées et doivent alerter le vigneron, qui va devoir être vigilant face à un risque de contamination microbiologique.

*Tableau 3 : Résultats de prélèvement de deux moûts de blanc (lots Pouge et Bay Rouge) – 03/10/2023*

N° Echantillon	2303752	2303753
Date d'analyse	03/10/2023	03/10/2023
Libellé	Pouge	Bay Rouge
N°Cuve	-	-
Appellation	AOC Saumur blanc	AOC Saumur blanc
Millesime	2023	2023
Couleur	Mout Blanc	Mout Blanc
Dosage	-	-
Titre Alcool Total probable (%vol)	11.5	11.8
Acidité Totale (g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L)	4.80	5.10
pH	3.26	3.20
Acidité volatile (g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L)	0.38	0.44
Azote ammoniacal (mg/L)	29	25
Azote organique (mg/L)	128	106
Azote assimilable total (mg/L)	157	131

#### 4.1.2 Débourageage du moût

Dès le pressurage amorcé, la cuve réceptrice du moût est refroidie par le système de régulation thermique de la cave, à la température de consigne de 10°C. Le moût pénétrant dans la cuve y est donc rapidement refroidi, afin d'éviter tout départ en fermentation et de limiter les réactions d'oxydation chimique et enzymatique. De plus, l'abaissement de la température augmente l'efficacité de l'étape suivante : le débourageage du moût. En effet, le moût fraîchement pressuré contient une grande diversité de molécules, dont des macromolécules insolubles en suspension dans le mélange. Plus concrètement, il s'agit des restes de débris végétaux, des cellules de la pellicule du raisin, certains pépins, des particules terreuses, ... L'objectif du débourageage est d'évacuer les particules solides du moût, il s'agit donc d'une clarification.

Chimiquement, les bourbes contiennent majoritairement des polysaccharides (76%), mais également une fraction non négligeable de lipides (8%), provenant de l'hydrolyse des membranes phospholipidiques des cellules (Alexandre et al., 1994). Or ces lipides sont indispensables à la nutrition des levures de fermentation. Ils entrent dans la composition de leur membrane, ce qui augmente leur résistance à l'éthanol, et donc diminue les risques de fermentation alcoolique languissante. Ce point est crucial sur les moûts de 2023 : leur AV est très élevée, il faut impérativement limiter tout risque de développement d'une flore bactérienne sur le milieu. De plus, les bourbes jouent également un rôle de support physique pour la nucléation du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ce qui, en diminuant le quotient

de réaction, permet d'accélérer la fermentation, et limite la mortalité des levures par toxicité au CO<sub>2</sub>. La clarification du moût ne doit donc pas être trop sévère pour ne pas trop appauvrir le milieu.

Néanmoins, il reste important de suffisamment nettoyer et purifier le milieu. Les bourbes contiennent des particules indésirables, pouvant entraîner des déviations organoleptiques fortes. Les débourbages trop légers augmentent la concentration en composés indésirables tels que les composés en C6 (alcools et aldéhydes) responsables des notes herbacées, et les composés soufrés (notamment le méthionol) (Ribéreau-Gayon et al., 2020a).

Au Château Yvonne, le débourbage est réalisé naturellement, sous l'effet de la sédimentation des particules solides. Il dure entre 24 et 36h, durée suffisamment longue pour permettre un dépôt significatif (en particulier sans utilisation d'enzymes pectolitiques) mais sans risquer un départ de fermentation alcoolique. Après ce temps d'attente d'une grosse journée, le moût est soutiré par la vanne haute de la cuve. Elle équipée d'un coude interne, et un mireur en sortie de vanne ce qui permet de finir le soutirage avec précision. La turbidité souhaitée du moût est d'environ 200 NTU.

### 4.1.3 Déroulement et suivi de la fermentation alcoolique

#### Présentation et lancement de la fermentation alcoolique

Lors de sa clarification, le vin est transféré dans un autre garde-vin inox, contenant dans lequel il doit démarrer sa fermentation alcoolique (FA). Ce catabolisme chimique est réalisé par des levures, dites fermentaires, de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae*. Elles sont présentes sur les raisins, et font partie de la flore « ambiante » de la cave (du fait des FA des millésimes précédents). Par conviction personnelle et pour des raisons économiques, le Château Yvonne fait le choix de travailler avec une flore levurienne indigène, dont l'efficacité (durée et qualité des FA) lui paraît suffisante chaque année. Le rôle de ces levures est double : stabiliser le milieu d'un point de vue microbiologique et révéler le potentiel aromatique du moût.

La première étape de la FA est la glycolyse : c'est la dégradation des sucres fermentescibles (glucose et fructose), présents en grande quantité dans le moût (autour de 200g/L) en pyruvate. En présence d'oxygène, mais surtout dans un milieu dont la concentration en sucres est moins importante (<1g/L), *Saccharomyces cerevisiae* effectue ensuite une respiration de ce pyruvate dans sa mitochondrie, comme les animaux et les végétaux. C'est un autre catabolisme qui est mis en jeu dans le moût : la fermentation du pyruvate en éthanol. En pratique, les deux étapes de la FA sont consécutives et aboutissent au bilan global suivant :



Comme tout catabolisme, cette fermentation est productrice d'ATP, « monnaie énergétique » des cellules, et exothermique (libération de chaleur dans le milieu). Toutefois, le rendement molaire éthanol/glucose n'est que de 93%, il y a donc production d'autres composés. Les deux principaux sont le glycérol (entre 5 et 10g/L) et l'acide acétique (entre 0,2 et 0,5g/L). En diminuant rapidement la concentration en substrats du moût, les levures le protègent vis-à-vis des autres micro-organismes qui pourraient s'y développer.

Le développement des levures sur ce milieu très riche en sucres est exponentiel. Néanmoins, d'autres composés leur sont nécessaires pour se maintenir et survivre dans un milieu de moins en moins

favorables. Leur nutrition azotée et lipidique, et l'équilibre entre ces deux sources de nutriments, sont nécessaires à la réalisation d'une fermentation complète des sucres. La concentration initiale en azote assimilable du moût et l'intensité du débouillage sont donc des paramètres très importants que l'œnologue doit analyser avec attention.

En parallèle de la FA, via d'autres voies métaboliques, la levure est capable de révéler le potentiel aromatique du moût. En effet, la quasi-totalité des arômes synthétisés dans le raisin sont sous forme de précurseurs d'arômes, la molécule odorante (aglycone) étant chimiquement protégée par un groupe peptidique ou glycosidique. Pour que le pouvoir odorant de l'aglycone s'exprime, il faut qu'il soit sous sa forme libre, ce qui nécessite un clivage enzymatique ou chimique du groupe protecteur. *Saccharomyces cerevisiae* possède dans son protéome les enzymes nécessaires à la révélation de ces arômes pré-fermentaires. De plus, sa fermentation des sucres entraîne d'autres voies métaboliques productrices de molécules aromatiques, telles que des esters, des alcools supérieurs, des composés soufrés, ... Ces arômes fermentaires participent donc à la complexité du vin.

L'objectif du vigneron est de lancer cette étape cruciale le plus rapidement possible. En effet, le moût en attente prend un volume « mort » au sein de la cave, et c'est un milieu riche en substrats, donc très sensible à des contaminations de micro-organismes indésirables. Néanmoins, en raison du fort pouvoir antibactérien du SO<sub>2</sub>, le sulfitage préalable du moût à 3g/hL permet de limiter le développement des bactéries tout en laissant la capacité aux *Saccharomyces cerevisiae* de coloniser le milieu. Comme expliqué dans le paragraphe 2.2.1, la cave est équipée d'un système de régulation de la température des cuves qui ne fonctionne que dans un sens à la fois pour l'ensemble de la cuverie. Ainsi, il est impossible de réchauffer le moût pour aider au démarrage de la FA, c'est pourquoi la température de débouillage n'est volontairement « pas trop froide ». Pour optimiser l'efficacité de ce départ en FA, c'est-à-dire qu'il soit généralisé au plus grand volume possible, il est effectué dans le garde-vin inox. Généralement le temps d'attente avant les premiers dégazages de CO<sub>2</sub> est inférieur à 48h. Interviennent alors les premiers contrôles de l'évolution de la masse volumique du moût. En effet la masse volumique de l'éthanol (0,79g/cm<sup>3</sup>) étant bien plus faible que celle des sucres fermentescibles (1,56g/cm<sup>3</sup> pour le glucose et 1,69g/cm<sup>3</sup> pour le fructose), la masse volumique du moût diminue au fur et à mesure de l'avancement de la FA. Ce type de suivi de l'évolution de la FA est communément employé car rapide et d'une précision suffisante, tout du moins en début de FA. La température de consigne de la cuve est fixée à 18°C.

### **Transfert des vins dans leur contenant de vinification**

En raison de leurs propriétés chimiques et organoleptiques, les contenants de vinification jouent un rôle essentiel sur l'équilibre et l'aromatique du vin. La vinification des vins blancs du Château Yvonne est réalisée dans des contenants en bois (90%) (barriques et foudres) et des contenants en grès (10%) (cf 2.2.1). Ces deux types de contenants ont des propriétés différentes, mais leur principal point commun est leur porosité. Or, comme expliqué en amont, l'oxygénation du moût est très importante pour un déroulement homogène de la FA. Si la porosité de ces contenants n'est pas suffisante à elle seule pour palier à ce besoin en oxygène, elle y participe tout de même. Initialement, l'intégralité du vin blanc était vinifiée dans des barriques, principalement neuves. En plus d'être particulièrement coûteux, ce choix était discutable sur le plan organoleptique car le profil des vins était particulièrement défini par les notes boisées. Afin de diminuer l'intensité des arômes boisés dans les vins, quatre possibilités s'offrent au vigneron : jouer sur le type de chauffe et la provenance des barriques, diminuer

la proportion de contenants en bois « jeunes », augmenter le volume des contenants en bois utilisés (ce qui diminue la surface d'échange entre le bois et le vin), diminuer la proportion de vins vinifiés et/ou élevés dans un contenant en bois. Mathieu Vallée a fait le choix d'opter pour les quatre stratégies en même temps. Néanmoins, la proportion de contenants boisés reste largement majoritaire, respectant l'identité des vins du Château Yvonne. Le renouvellement du parc de barriques s'effectue annuellement, avec des rotations de 5 ans.

De plus, le fait d'incorporer le vin au bois dès sa vinification est très pertinent pour limiter le « surboisage » ou les marqueurs boisés « stéréotypés ». Si cela paraît assez contre-intuitif au regard de la durée de contact entre le vin et le bois, il ne faut pas négliger le rôle des levures. Chatonnet et al. (1991) ont en effet démontré que l'arôme boisé d'un vin est plus important si celui-ci est mis en barrique après une vinification en cuve que s'il est vinifié directement en barriques. En outre, la vinification dans un contenant en bois permet la révélation de certains arômes spécifiques. Ils sont le fruit d'une extraction des composés du bois de chêne par le vin en FA, eux-mêmes convertis en composés aromatiques par le complexe enzymatique de *Saccharomyces cerevisiae*. C'est notamment le cas du furfurylthiol, révélant des notes de café (Blanchard et al., 2001).

Ainsi, le moût est dans l'idéal transféré en fin de phase de croissance de la population de *Saccharomyces cerevisiae*, soit à une masse volumique d'environ 1060 à 1050 g/L. Cette opération de transfert en cours de FA demande de la rigueur et du savoir-faire. En effet, en raison de la production de CO<sub>2</sub> gazeux, le moût est très mousseux. Comme décrit en 2.2.2, l'éloignement géographique entre la cave et le chai est une contrainte supplémentaire : le transfert est effectué par l'intermédiaire d'une cuve mobile. Il y a donc deux transferts de vins successifs, ce qui permet une oxygénation du moût efficace. Ces transferts sont réalisés par gravité.

### Suivi de la fermentation alcoolique

Le suivi de la FA est nécessaire afin d'anticiper tout risque de déviance microbiologique, accru avec une vinification en petit contenant. La FA en contenant bois demande un suivi supplémentaire car la perte de vin par évaporation (part des anges) et par absorption du bois y est importante. Cette dernière est d'autant plus marquée que le contenant est récent, la perte pouvant s'élever à 10% sur une barrique neuve. Un ouillage (remplissage) régulier est donc effectué tous les trois jours afin de limiter les risques d'oxydation chimique. Néanmoins, le remplissage du contenant n'est jamais maximal car son volume fluctue fortement. De plus, en raison du dégazage permanent, les bondes ne sont pas vissées mais simplement posées sur les contenants. Le Château Yvonne utilise également des barboteurs pour les amphores en grès.

Pour limiter les effets de cette présence d'oxygène en partie haute du contenant, des bâtonnages réguliers sont effectués, juste en amont des ouillages. Le bâtonnage est réalisé à l'aide d'une tige en inox, qui se termine par une grille articulée appelée la dodine, présentée en Figure 28. Le principe est donc d'introduire cet outil dans le contenant et de remuer le moût pour remettre en suspension les lies fines du milieu. Grâce à leur pouvoir réducteur, celles-ci protègent le vin de l'oxydation.



Figure 28 : Dodine de bâtonnage

En parallèle de ces opérations est effectué une mesure de la masse volumique et de la température de tous les contenants. La température de FA exerce une influence forte sur la qualité et le profil aromatique des vins blancs. C'est en général un paramètre pilotable, sur lequel l'œnologue joue. Au Château Yvonne, les petits contenants de fermentation des vins n'ont pas de système de régulation thermique, seule la température de la salle de vinification peut modifier celle du moût en fermentation. Ces contenants sont donc intelligemment positionnés dans des salles (cave troglodyte et sous-sol) à inertie thermique importante, dans lesquelles la température ne dépasse jamais les 18°C. C'est également une des raisons pour lesquelles le début de la FA est effectué dans une grande cuve à régulation thermique interne.

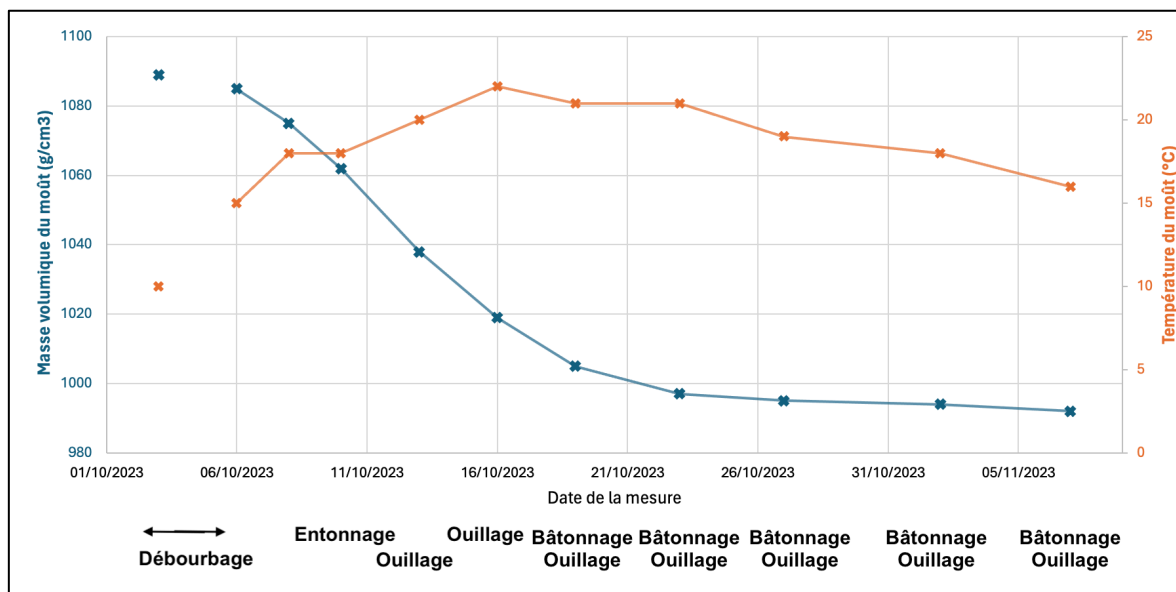


Figure 29 : Cinétique de fermentation alcoolique et évolution de la température du lot Bay Rouge/Pouge 2

Les opérations réalisées sur le moût sont indiquées en **gras**.

La Figure 29 ci-dessus présente le suivi fermentaire réalisé sur le lot Bay Rouge/Pouge, entonné dans la barrique 2 le 10/10. Il s'agit du mélange des deux moûts présentés dans le Tableau 3. La FA s'est très rapidement lancée après le débourage du moût, elle a démarré le 06/10. La réaction s'accélère sous l'effet de la croissance de la population levurienne, ce qui entraîne une augmentation de la température du moût (22°C au 16/10). Cette température reste néanmoins dans la gamme de températures souhaitée pour l'élaboration d'un vin blanc de qualité (Ribéreau-Gayon et al., 2020a). La FA se poursuit après l'entonnage, qui ne semble pas l'avoir pas perturbée. La cinétique observée est néanmoins très lente, la FA ayant duré près d'un mois. Ce type de cinétique s'observe fréquemment dans le cas d'une carence azotée, or la Nass du jus de pressurage était juste suffisante (cf 4.1.1). La température de fin de FA est restée dans une gamme très acceptable, elle diminue avec la baisse de l'activité levurienne.

Plus globalement, l'intégralité des lots blancs 2023 ont eu une cinétique de FA similaire. Le départ de fermentation fut très rapide, ce qui est une bonne nouvelle pour la protection du milieu, mais en conséquence il fut difficile d'organiser les entonnages au bon moment. Les fins de fermentation au chai furent plus lentes, en particulier pour les lots les plus tardifs qui ont subi le refroidissement du chai (en raison d'une importante diminution de la température extérieure) en fin du mois d'octobre.

Ainsi, lors du bilan global de fin de FA, pour lequel un mélange de tous les contenants du même lot est analysé par le laboratoire, seul un lot contenait encore des sucres fermentescibles, mais en quantité très limitée (0,6 g/L).

Le Tableau 4 nous présente l'analyse de fin de FA du lot Bay Rouge/Pouge. La FA est effectivement terminée et fut complète puisqu'il ne reste aucun sucre fermentescible dans le vin. Il semble intéressant de relever que le TAV final (12,43% vol) est bien supérieur au TAVP du moût en sortie de pressurage (11,65 en faisant la moyenne des 2 résultats, cf Tableau 3). Les levures ont donc eu un rendement fermentaire très efficace, nécessitant moins quantité de sucres que prévu pour sa conversion en éthanol. La donnée la plus importante de ce tableau est la concentration en acidité volatile du vin. Elle est de 0,66 g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L, ce qui semble cohérent avec la teneur initiale du moût (0,4 g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L), mais est très élevé pour un vin blanc en fin de FA : la teneur moyenne est plutôt autour de 0,2 g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L (Ribéreau-Gayon et al., 2020a). De plus, la teneur en acidité volatile, qui participe à la complexité et porte l'aromatique du vin en concentration normale, peut devenir désagréable et déséquilibré le vin à partir de 0,6 g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L. Plus important encore, la teneur maximale autorisée dans un vin blanc sec est de 0,88 g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L (EUR-LEX, 2009). Il paraît donc très important d'empêcher toute nouvelle augmentation de la teneur en acidité volatile de ce lot. En effet, même si le milieu ne contient plus de sucres fermentescibles, il faut se méfier des pentoses. Les bactéries lactiques peuvent les métaboliser, réalisant une fermentation hétérolactique productrice d'acide acétique. Ce dernier peut également être formé par oxydation de l'éthanol, réaction effectuée par les bactéries acétiques. Afin de se prémunir de ces déviations, le vin est sulfité à 2g/hL, ce qui limite les risques de développement des bactéries. Préalablement à cette analyse, il a été vérifié par chromatographie sur papier que la fermentation malolactique (FML) ne s'était pas enclenchée. Cet aspect sera détaillé dans la suite du rapport.

*Tableau 4 : Bilan de fin de fermentation alcoolique du vin blanc 2023 – lot Bay Rouge/Pouge*

N° Echantillon	2308640
Date d'analyse	17/11/2023
Libellé	Bay Rouge/Pouge
N°Cuve	1er tri
Appellation	-
Millesime	2023
Couleur	Vin blanc
Dosage	-
Titre Alcool Acquis (% vol)	12.43
Glucose + Fructose (g/L)	ND
Titre Alcool Total probable (% vol)	12.43
Acidité volatile (g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L)	0.66
ND: Non Détecté	

## 4.2 Vinification du vin rouge

### 4.2.1 Fermentation alcoolique et extraction des polyphénols

Contrairement à la FA du vin blanc qui a lieu en phase liquide, la FA du vin rouge se déroule dans un milieu semi-liquide : le moût est mélangé à la pellicule et aux pépins. Macération et fermentation sont synchrones durant la période de cuvaison.

Tout comme pour le vin blanc, la première étape est l'analyse du moût pour connaître l'état des lieux initial (TAVP et Nass en particulier) avant le départ en FA. Avant d'obtenir un échantillon représentatif, il est nécessaire d'homogénéiser le milieu. Cette homogénéisation permet également de répartir le SO<sub>2</sub> uniformément dans toute la cuve, celui-ci ayant été introduit de manière discontinue durant l'encuvage de la vendange. L'échantillonnage a donc lieu lors du premier remontage du moût. Le remontage est un procédé d'extraction des composés polyphénoliques contenus dans la pellicule du raisin. Il consiste à soutirer une partie du moût liquide et à le réincorporer immédiatement sur le chapeau de marc. Un schéma de remontage avec aération du moût est proposé en Figure 30. Le

remontage permet donc de renouveler le vin au contact des parties solides, et ainsi de limiter l'assèchement du marc. Avant le début de la FA, étant donné que la cuve n'est remplie qu'à 80%, le marc est un milieu très exposé à l'oxydation et aux déviations microbiologiques, en particulier le développement des bactéries acétiques. En plus du remontage, le « ciel » de la cuve est protégé par la pulvérisation de CO<sub>2</sub> sous forme de neige carbonique. Par sa sublimation et en raison de sa densité, il tapisse le milieu, qu'il protège en raison de ses propriétés bactériostatiques.

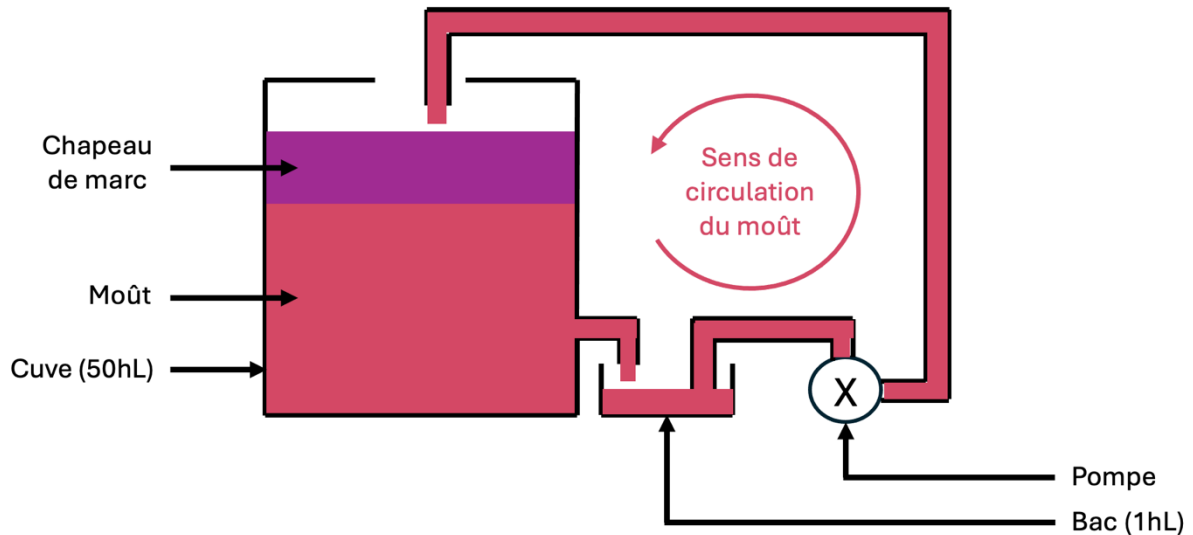


Figure 30 : Schéma d'un remontage aéré dans une cuve béton de 50hL

Les vendanges de blanc et de rouge ayant été synchrones en 2023, le système de régulation thermique des cuves ne permettait pas de chauffer les cuves de rouge, la priorité étant donnée au refroidissement des moûts de blanc pour leur débouillage statique. Néanmoins, comme pour les moûts de blanc, les FA des moûts de rouge se sont lancées très rapidement. Le phénomène s'est accéléré dans les cuves béton en raison de leur organisation en batterie (cf 2.2.1). Comme expliqué précédemment, cette réaction est exothermique et sa cinétique suit, comme toute réaction chimique, la loi d'Arrhénius : sa vitesse augmente quand la température augmente. Néanmoins les risques de mortalité des levures sont plus importants sous haute température (supérieure à 30°C), il est donc nécessaire de contrôler ce phénomène à rétrocontrôle positif. De plus, la température de macération influence l'extraction des anthocyanes et des tanins, plus importante sous haute température (Vivas et al., 1991). La température de FA doit donc être raisonnée au regard de la maturité polyphénolique des raisins et du style de vin souhaité.

En parallèle, il est important de réfléchir à son programme d'extraction en fonction de l'avancée de la FA, et donc de la teneur en éthanol du milieu. En effet, anthocyanes et tanins sont plus solubles dans un milieu plus riche en alcool. Leur extractibilité augmente donc au fur et à mesure de l'avancée de la FA, variant même du simple au double pour les tanins avec augmentation de la teneur en alcool de 0% à 12% (Ribéreau-Gayon et al., 2020a). Les maturités polyphénoliques n'ayant pas été pleinement abouties en raison de l'état sanitaire du vignoble, le choix en 2023 est de concentrer l'extraction durant la première partie de la FA. Cette extraction sera douce, principalement via des remontages. Le graphique proposé en Figure 31 présente la cinétique de FA et les différentes opérations d'extraction réalisées sur le moût au cours de l'avancement de celle-ci.

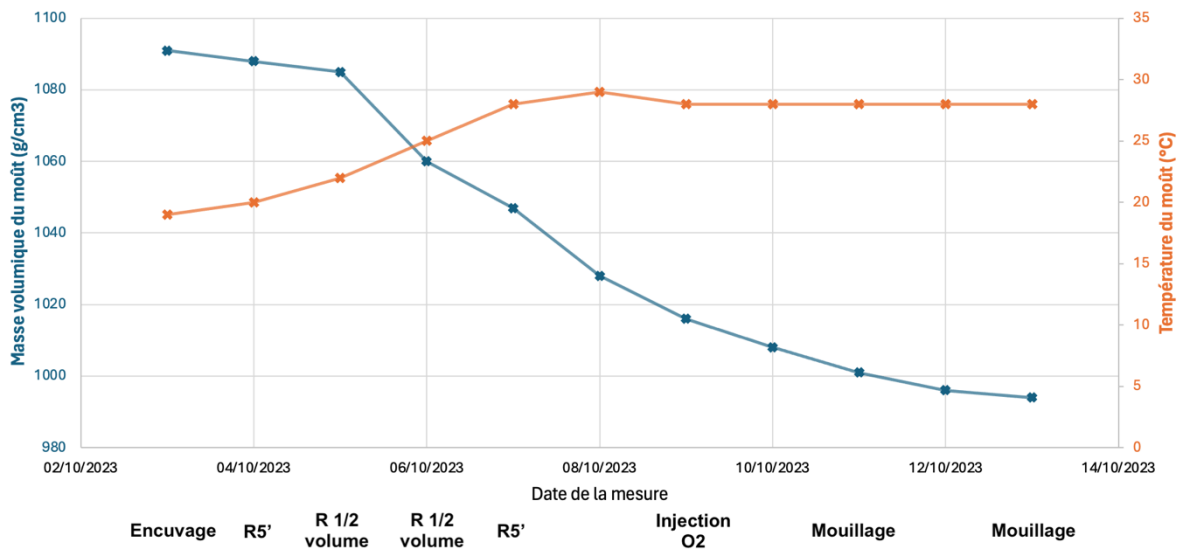


Figure 31 : Cinétique de fermentation alcoolique et évolution de la température du lot Echo/Grande Vignole (Cuve 65F)

Les opérations sur la cuve sont indiquées en **gras** (R=Remontage)

Le lot de Cabernet franc Echo/Grande Vignole est rentré en cave au milieu des vendanges, le 03/10. Le remontage d'homogénéisation de la cuve a eu lieu le lendemain. Il est noté R5' sur le graphique en raison de sa durée de 5 minutes, ce qui est assez court pour un remontage. Néanmoins ce remontage s'effectue avec un débit de moût assez conséquent. La FA a démarré le 05/10 soit deux jours après l'encuvage des raisins. Au cours de deux premiers jours de fermentation, les remontages sont effectués avec aération du moût, comme présenté en Figure 30. A la différence des vinifications de blanc, où l'aération du moût en cours de FA est réalisé pour aider la synthèse des acides gras de la membrane cellulaire des levures, elle est en rouge principalement pratiquée pour faire réagir l'oxygène avec les tanins de la pellicule et des pépins. En effet le moût de rouge est bien plus riche en composés lipidiques, provenant des dégradations des cellules du raisin, car il ne subit pas de débourbage. Les tanins sont des polyphénols anti-oxydants, très réactifs vis-à-vis de l'oxygène, qui permet d'assouplir leur sensation de dureté en vinification. L'aération du milieu est également importante pour éliminer les odeurs de réduction (H<sub>2</sub>S en particulier) qui se forment en cours de fermentation. Ces remontages sont aussi importants pour répartir les levures dans toute la cuve, qui sont naturellement plus nombreuses en bas de la cuve (Sablayrolles, 2019).

Durant la dernière partie de la FA, le Château Yvonne a souvent recours à l'injection d'oxygène, qui agit comme exhausteur du fruité et augmente le volume en bouche du vin (ICV, 2021). Il est nécessaire de perforer le chapeau de marc (à l'aide d'un tuyau, cf Figure 32) afin d'introduire le fritté en milieu de cuve. La pression de sortie (3 bars) et la durée de l'injection (1s/hL) sont choisies de manière à apporter plusieurs mg d'O<sub>2</sub> par litre de vin. Il s'agit donc d'un apport d'oxygène sans extraction de polyphénols.



Figure 32 : Dispositif d'injection d'oxygène au moût en fin de fermentation alcoolique



Enfin, les dernières opérations sur le chapeau de marc sont deux mouillages de celui-ci, intervenant lorsque le moût a une masse volumique inférieure à 1000g/L. Deux à trois seaux de moût sont versés en douceur sur le haut de la cuve, afin de limiter son assèchement et son stockage de sucres fermentescibles.

#### 4.2.2 Macération post-fermentaire

Les extractions de tanins et d'anthocyanes se poursuivent une fois la FA terminée, les polyphénols tendent en effet à migrer depuis le milieu solide vers le vin (Ribéreau-Gayon et al., 2020a). Les anthocyanes, de plus faible masse molaire et à la polarité plus élevée du fait de leur glycosylation, peuvent être extraites à plus de 50%. Cette macération post-fermentaire se réalise de manière autonome, sans aucune intervention sur le milieu. La température du milieu reste stabilisée autour de 26-28°C, comme depuis le milieu de la FA. La durée de la macération post-fermentaire est avant tout pilotée par la dégustation. Le rôle de l'œnologue conseil est d'accompagner le vigneron au suivi des différentes cuves, à raison de deux dégustations par semaine. La couleur et la concentration tannique sont analysées en premier, mais l'évolution aromatique du vin fait également partie des critères de décision.

Si les méthodes d'extraction en cours de FA sont identiques à toutes les cuves, c'est durant cette phase de macération que les premières différenciations vont être réalisées. L'extraction des polyphénols n'est en effet pas toujours identique en fonction des cuvées (4 différentes de Cabernet franc, cf 2.4.1), et de l'élevage réalisé a posteriori. C'est donc à travers ces dégustations que vont se dessiner les premiers choix d'assemblage, en regroupant des cuves à la trame similaire. Si le parcellaire donne une bonne indication de départ, il faut rester le plus objectif possible et ne pas se fermer à des évolutions spécifiques au millésime. Ainsi les macérations des vins destinées aux cuvées *Château Yvonne* et *Beaumeray* ont duré trois semaines ; celle des deux autres cuvées de Cabernet franc ont duré deux semaines ; tandis que le Pineau d'Aunis n'a pas réalisé de macération post-fermentaire.

Enfin, la durée de la macération peut également être modulée selon des contraintes logistiques. En effet, en raison de l'importante récolte de Cabernet franc lors du millésime 2023, il fut nécessaire de découvrir deux cuves béton en cours de vendanges pour faire de la place aux dernières entrées de raisin. Cette situation, bien que réalisable et peu problématique, témoigne surtout d'un problème de dimensionnement de la cuverie avec la récente augmentation de la surface du vignoble.

#### 4.2.3 Décuvage et pressurage

En fin de période de cuvaision, il convient de séparer le vin de goutte, fraction liquide de la cuve, du vin de presse, contenu dans le marc. Au Château Yvonne, ce dernier représente environ 5% du volume de vin final. Cette proportion de vin de presse est néanmoins basse au regard des standards habituels (généralement de 10 à 20%). Cela s'explique par des durées de macération post-fermentaire assez longues et un pressurage léger.

L'égouttage est réalisé selon un dispositif très semblable à celui d'un remontage : le vin s'écoule dans une bassine, d'où il est simultanément pompé dans une autre cuve vide. Ce transfert est réalisé à un débit d'environ 1hL/min. En parallèle de cet égouttage est mis en place le chantier de pressurage : le marc sera acheminé de la cuve au pressoir par une sauterelle. Une fois la cuve vidée de tout son liquide, il est important de créer un courant d'air entre sa porte et sa trappe pour évacuer le CO<sub>2</sub>, gaz inodore

et très toxique, contenu dans l'atmosphère ambiante. Néanmoins ce système de détoxification de l'air est extrêmement léger, et l'opérateur entre dans la cuve seulement quelques minutes après que le courant d'air ait été créé. Un temps d'attente de plusieurs heures, voire d'une nuit en égouttant l'après-midi et en décuvant le lendemain matin, serait moins risqué.

Le décuvage, à savoir l'évacuation du marc de la cuve, est effectué manuellement, à l'aide d'une fourche et d'une pelle. Deux opérateurs sont nécessaires à l'ensemble de l'opération, l'un devant puis dans la cuve, l'autre sur le pressoir pour y répartir progressivement et uniformément le marc qui tombe de la sauterelle. La Figure 33 illustre le début du travail : tant que possible, l'opérateur (de gauche) évacue le marc depuis l'extérieur de la cuve pour limiter l'inhalation de CO<sub>2</sub>. Il n'entrera dans la cuve qu'une fois celle-ci bien aérée.

Le pressoir utilisé pour le pressurage du marc est le pressoir Velo horizontal de 30hL de capacité. Il est rempli par la trappe située à son sommet. La maie est, dans un premier temps, reliée à la cuve du vin de goutte.



Figure 33 : Photographie du chantier de décuvage au Château Yvonne

Le schéma de pressurage choisi par le Château Yvonne pour les marcs de rouge est extrêmement simple. Il n'est composé que d'un seul cycle, avec une montée en pression progressive jusqu'à 2 bars en une heure. Aucune rebêche n'est effectuée. Les premières pressées (jusqu'à 400 mbar) sont plus courtes et d'une faible extraction ; le vin extrait est donc mélangé au vin de goutte. La suite est acheminée dans une cuve différente, dans laquelle sont stockées toutes les presses.

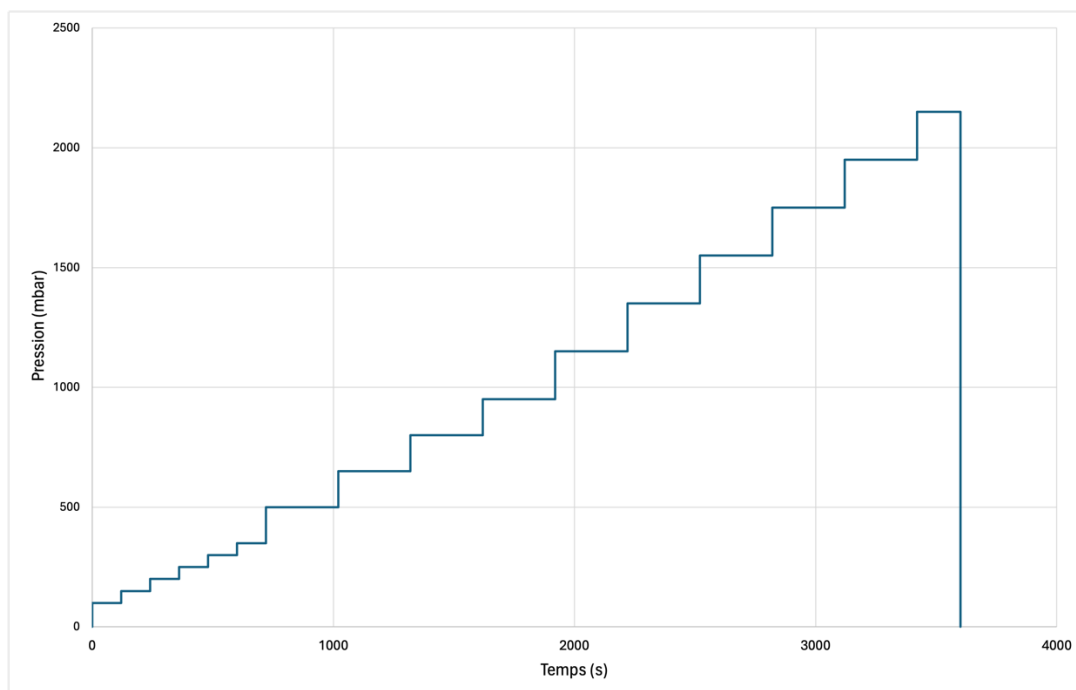


Figure 34 : Évolution de la pression exercée sur le marc en fonction du temps – pressurage rouge

#### 4.2.4 Bilans de fin de fermentation alcoolique

Un nouvel état des lieux analytique des vins est effectué à la suite du décuvage. Il a pour objectif de valider analytiquement la fin de la FA des vins, de connaître leur « état de santé », et de faire un point de départ avant les fermentations malolactiques. Le Tableau 5 nous présente l'analyse des trois premières cuves échantillonnées.

Tableau 5 : Analyses de fin de fermentation alcoolique post-décuvage

N° Echantillon	2306435	2306436	2306437
Date d'analyse	23/10/2023	23/10/2023	23/10/2023
Libellé	-	-	-
N°Cuve	38 B	38 C	50 A
Appellation	AOC Saumur- Champigny	AOC Saumur- Champigny	AOC Saumur- Champigny
Millesime	2023	2023	2023
Couleur	Vin rouge	Vin rouge	Vin rouge
Dosage	-	-	-
Titre Alcool Acquis (% vol)	12.25	12.54	12.56
Glucose + Fructose (g/L)	0.5	2.2	<0.3
Titre Alcool Total probable (% vol)	12.28	12.67	12.58
Acidité volatile (g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L)	0.32	0.38	0.40
Acide L Malique (g/L)	0.93	1.71	<0.10
Acide L lactique (g/L)	0.68	0.38	0.93

Les résultats des trois cuves sont assez différents. Si le TAV est assez proche (entre 12,25 et 12,56% vol), la FA de la cuve 38C n'est pas encore terminée puisqu'il reste encore 2,2 g/L de sucres fermentescibles dans ce vin. Néanmoins ce vin peut déjà être considéré comme un sec puisque l'OIV fixe la limite en sucres fermentescibles à 4 g/L pour un vin sec, et le cahier des charges de l'AOP Saumur-Champigny à 3 g/L. La problématique est plutôt l'instabilité microbiologique créée par le reliquat de sucres fermentescibles dans le vin. Ce résultat doit en particulier être confronté aux teneurs en acides malique et lactique. La présence de ces deux acides dans le vin de la cuve 38C révèle un départ de FML, et donc la présence de bactéries lactiques dans le milieu. Celles-ci sont capables de fermenter le glucose et le fructose en acide lactique, catabolisme induisant une augmentation de la teneur en acide acétique. En outre, l'acidité volatile de ces vins est élevée pour une sortie de FA, mais sont à relativiser du fait que la FML s'est déjà enclenchée, voire est terminée pour la cuve 50A. Ce phénomène de FML sous marc n'est pas rare mais n'est souvent pas souhaitable, en particulier pour le vin de presse. La situation fut tout à fait identifiable lors des vinifications 2023 du Château Yvonne, comme le présente le Tableau 6.

Tableau 6 : Analyse de fin de fermentation alcoolique post-décuvage de la cuve de presses

N° Echantillon	2307763	2308138	2308336	2309036
Date d'analyse	06/11/2023	09/11/2023	13/11/2023	24/11/2023
Libellé	-	-	-	-
N°Cuve	Presses	Presses	Presses	Presses
Appellation	AOC Saumur- Champigny	AOC Saumur- Champigny	-	-
Millesime	2023	2023	2023	2023
Couleur	Vin rouge	Vin rouge	Vin rouge	Vin rouge
Dosage	-	-	-	-
Glucose + Fructose (g/L)	6.0	2.7	1.5	0.7
Acidité volatile (g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L)	0.58	0.71	0.66	0.75

Au 31/10, le jour des derniers décuvages, la masse volumique de la cuve de presses fut de 1002g/L, soit une concentration en sucres fermentescibles d'environ 20g/L (donnée peu précise car absente des tables de conversion). Le suivi de la masse volumique s'est d'abord réalisé au mustimètre, la cinétique de fin de FA ne fut pas particulièrement rapide mais elle diminua progressivement. La première analyse au laboratoire, le 06/11, témoigne de la présence d'encore 6g/L de sucres fermentescibles, et surtout d'une acidité volatile de 0,58 g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L. De plus, la présence de bactéries lactiques dans le milieu est certaine en raison des résultats des FML des cuves. En raison de la faible teneur en sucres fermentescibles, le vigneron fit le choix de laisser la consommation de ces derniers se terminer, probablement par un mélange de *Saccharomyces cerevisiae* et de bactéries lactiques. Cette fermentation s'est terminée de manière très progressive, aboutissant le 24/11. L'acidité volatile a logiquement de nouveau augmenté, pour une valeur finale de 0,75 g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L.

Une option œnologique différente, plus interventionniste, aurait pu être prise. Elle consistait à bloquer tout développement microbien, en ajoutant 4g/hL de SO<sub>2</sub> (valeur élevée mais prenant en compte le fort risque de combinaison du SO<sub>2</sub> à l'éthanal du vin, dont la concentration aurait pu être analysée), puis à relancer la FA en introduisant un levain dans la cuve. Néanmoins, il est important de garder en mémoire que la cuve en question est destinée à être assemblée et sera en minorité dans le volume de vin fini.

Enfin, ce problème de FA difficile des presses semble récurrent au Château Yvonne. Il est probablement induit par la faible trituration des raisins avant leur entrée en cuve. En effet les sucres résiduels des presses proviennent principalement des cellules de la pulpe restée adhérente à la pellicule, donc non accessibles aux levures. Un léger foulage des raisins lors de leur encuvage pourrait donc solutionner cette problématique, tout en limitant le changement de profil des vins finis.

## 5. ELEVAGE ET TRAVAIL DU VIN JUSQU'À SA MISE EN BOUTEILLE

### 5.1 Diversité des contenants d'élevage

#### 5.1.1 Première partie d'élevage : milieu oxydatif

L'élevage du vin est un processus lent et principalement chimique qui engendre des modifications des composés du vin. Au cours de celui-ci, le rôle de l'oxygène est majeur. En raison de son fort pouvoir oxydant, il est le point de départ de nombreuses cascades de réactions chimiques. A titre d'exemple, l'oxygène participe à la polymérisation des flavanols en oxydant l'éthanol en éthanal (Fulcrand et al., 1996). La formation d'éthanal est également à l'origine de la stabilisation de la couleur par la formation de ponts entre anthocyanes et tanins. L'oxygène participe également à l'évolution aromatique du vin, les molécules aglycones étant souvent des cibles d'oxydation privilégiées. Il est ainsi nécessaire de contrôler les apports d'oxygène au vin afin que ces réactions de vieillissement soient progressives, et de faire la distinction entre cinétique de dissolution de l'oxygène dans le vin et cinétique de consommation de l'oxygène dissous par le vin.

La première partie de l'élevage des vins du Château Yvonne est réalisée dans des contenants perméables à l'oxygène. L'apport d'oxygène au vin est proportionnel à la porosité du matériau et à la surface d'échange entre le vin et l'air. Ainsi, les cuvées de rouge les plus légères sont élevées soit dans les cuves béton, soit dans les cuves bois, contenants où la surface d'échange est faible. A l'inverse, les matrices plus denses que sont les vins blancs et les deux cuvées de rouge haut de gamme sont élevées dans les contenants en grès, les barriques et les foudres. Ces contenants, de plus petite taille, sont davantage perméables à l'oxygène.

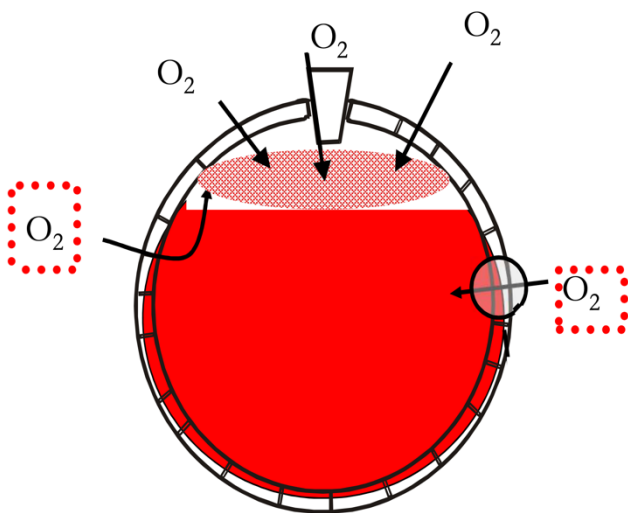


Figure 35 : Schéma des voies d'entrée d'oxygène dans une barrique de vin - Andrei Prida, Tonnellerie Seguin Moreau

La Figure 35 ci-contre présente notamment les différents points de porosité d'un contenant bois. L'échange peut soit avoir lieu via le trou de bonde soit à travers les douelles ou entre celles-ci. Nevares et del Alamo (2008) ont estimé cette diffusion apporte entre 2,3 et 3,5mg/L d'oxygène par mois, pour des barriques de chêne français. Le relargage le plus important a lieu lorsque lors du remplissage de la barrique, mais également au cours des trois premières semaines, le vin prenant la place de l'oxygène dans les pores du bois. Cette oxygénation importante est estimée à 10mg/L (del Alamo-Sanza et Nevares, 2014).

En outre, l'élevage du vin dans un contenant en bois permet d'enrichir son bouquet. La chauffe des douelles lors du procédé de fabrication du contenant lui confère son identité aromatique, en particulier la température et la durée de la chauffe. Ces molécules aromatiques diffusent passivement dans le vin.

Afin de diversifier la palette aromatique de son parc de barriques, le Château Yvonne travaille avec différents tonneliers. Ces principaux fournisseurs sont les tonnelleries Stockinger, Atelier Centre France, et Cavin (exclusivement pour les vins rouges). Si la provenance du bois (exclusivement du chêne) et les savoir-faire diffèrent en fonction des ateliers, la chauffe du bois est quant à elle toujours intermédiaire. Les notes aromatiques recherchées sont davantage le grillé et l'épicé que le vanillé ou la noix de coco.

### 5.1.2 Seconde partie d'élevage : milieu réducteur

Si l'élevage en milieu oxydatif, principalement sous bois, confère leur identité aux vins du Château Yvonne, celui-ci est tout le temps suivi d'un second élevage en milieu réducteur. Le vin, qui a acquis sa trame tannique et aromatique, doit désormais se stabiliser et s'affiner. Cet élevage est généralement plus court, il a lieu en cuve inox et se poursuit en bouteille. Comme pour tout autre contenant, les conditions de stockage en bouteille sont essentielles pour obtenir un vieillissement optimal du vin propre. Néanmoins, l'inertie thermique du verre est faible, et ce phénomène est renforcé par le très faible volume de vin contenu dans une bouteille au regard des autres contenants d'élevage. De plus, le verre est le seul contenant transparent, le vin y est donc exposé aux rayons ultra-violet. Or ceux-ci peuvent catalyser des réactions chimiques sur les acides aminés soufrés, en particulier la riboflavine, qui confère au vin des arômes désagréables (chien mouillé, choux fleur,...). L'élevage en bouteille est donc réalisé dans un milieu très stable thermiquement et sombre : le sous-sol de la cave.

Les cuvées parcelaires *Le Gory* et *Le Beaumeray* illustrent particulièrement bien cet élevage en conditions réductrices. Suite à leur long élevage en barriques (12 mois pour le blanc, 24 mois pour le rouge), ces cuvées sont soutirées et stabilisées en garde-vin polyester durant 3 mois. Elles sont ensuite mises en bouteille, puis conservée en tiré-bouché durant 12 mois. D'une manière plus générale, le Château Yvonne s'efforce de stocker ses vins au minimum 1 mois après leur mise en bouteille, afin qu'ils assimilent chimiquement ce dernier transfert.



Figure 36 : Élevage du vin en conditions réductrices - bouteilles tirée-bouchées

Ajouté à son rôle de stabilisateur physico-chimique, l'élevage en milieu réducteur peut aussi moduler l'aromatique du vin, même si les évolutions ne sont jamais aussi importantes qu'en début d'élevage. La famille des arômes soufrés est nettement influencée par cet élevage, le cas du relargage du DiMéthylSulfure (DMS) est souvent exposé dans la littérature. Ce composé a une action double, puisqu'il est odorant (arômes de truffe et d'asperge) mais également exhausteur des notes fruitées (De Mora et al., 1987). Sa concentration augmente au cours du vieillissement (Bekker et al., 2018).

## 5.2 Opérations courantes

### 5.2.1 Suivi de la fermentation malolactique

#### Présentation de la fermentation malolactique

Le raisin est constitué de deux acides organiques principaux : l'acide tartrique et l'acide malique. Comme expliqué en 3.2.1, même si l'acide malique est en partie consommé lors de la phase d'accumulation des sucres, il en reste entre 2 et 7 g/L à maturité des baies (Carbonneau et al., 2020). Cet acide n'est quasiment pas consommé par *Saccharomyces cerevisiae* lors de la FA, il se retrouve donc en quantité conséquente dans les vins.

En raison de la diminution des teneurs en SO<sub>2</sub> libre en cours et en fin de FA, principalement en raison de la combinaison du SO<sub>2</sub> avec l'éthanal, le milieu redevient assez propice au développement de micro-organismes. Les bactéries lactiques hétérofermentaires, telles qu'*Ænococcus œni*, sont capables d'utiliser d'autres substrats que les levures fermentaires, dont l'acide malique. Ces bactéries s'appuient sur le pouvoir acide de ce composé comme gradient proton-moteur pour produire de l'ATP dans leurs cellules (Salema et al., 1994). La conséquence biochimique est une décarboxylation du substrat : l'acide malique est converti en acide lactique.

#### Modification du milieu

L'acide malique est un diacide (pKa<sub>1</sub> = 3,40 ; pKa<sub>2</sub> = 5,20) tandis que l'acide lactique ne possède qu'une seule fonction carboxylique (pKa = 3,86). L'acidité totale diminue et le pH du vin augmente donc sous l'effet de la FML. Le vin est donc plus instable vis-à-vis des micro-organismes, car l'acidité du milieu limite leur développement mais aussi car le SO<sub>2</sub> joue davantage son rôle antimicrobien lorsque le pH est plus bas. Il convient donc de protéger davantage le milieu une fois que la FML est terminée.

Cette réaction est plus favorable d'un point de vue organoleptique : l'acidité portée par l'acide malique est vive, piquante tandis que celle de l'acide lactique est plus délicate, fondue. De plus, en conséquence de la FML a lieu le métabolisme de l'acide citrique, qui produit des composés aromatiques (diacétyle, 2,3-butanediol et acétoïne) aux notes beurrées.

Enfin le développement de ces bactéries lactiques est également source de production d'acide acétique, via différentes voies métaboliques. L'acidité volatile augmente généralement de 0,1 à 0,2 g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L au cours de la FML.

#### Lancement et suivi de la fermentation malolactique au Château Yvonne

Si le lancement peut parfois être difficile, en particulier sur les vins de Chenin dont l'acidité est importante, la FML se produit toujours de manière autonome sur les vins du Château Yvonne. Selon les particularités du millésime, elle n'est pas toujours souhaitée sur les blancs, qui sont dans ce cas sulfités pour inhiber le développement des bactéries lactiques. L'acidité volatile en fin de FA, comme l'illustre le lot Bay Rouge/Pouge présenté en 4.1.3, peut également être un élément du choix de la réalisation de la FML.

Le déroulement de la FML est dans un premier temps suivi à la cave, par chromatographie sur papier. Ce procédé physique permet de séparer les acides organiques du vin selon leurs différences d'affinités chimiques entre le support et l'éluant. Il est très économe en vin puisqu'une seule goutte est nécessaire à la réalisation de la mesure. La Figure 37 présente le résultat d'une chromatographie sur papier réalisée le 30/10. Les vins analysés sont différentes cuves de Cabernet franc de 2023. Il ressort de cette analyse que les vins des cuves 50A (témoin positif) et 38E ont terminé leur FML : il n'y a plus d'acide malique dans ces vins et la tâche d'acide lactique est très nette. Pour les quatre autres cuves, la FML est enclenchée mais n'est pas terminée. Le résultat de la chromatographie est dans un second temps validé par une analyse en laboratoire.

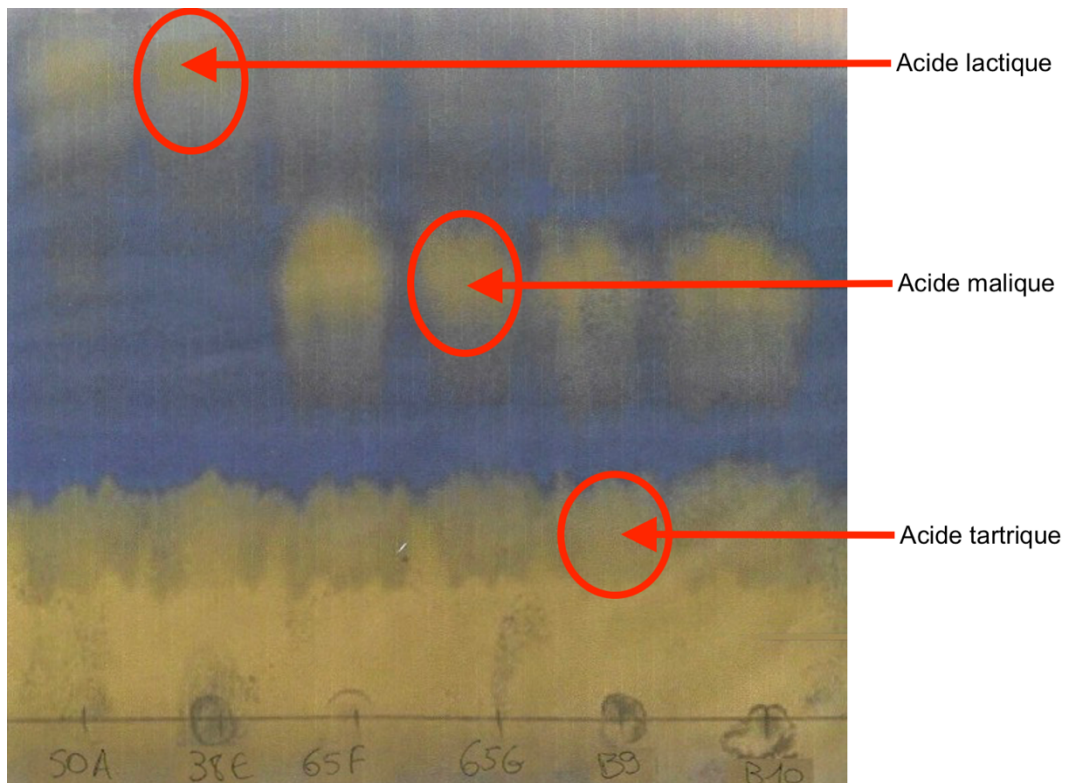


Figure 37 : Photographie d'une chromatographie sur papier des vins rouges 2023 - 30/10/2023

### 5.2.2 Bâtonnage des blancs élevés sur lies fines

Si l'élevage en barrique est un type de vieillissement oxydatif, les conditions dans lesquelles cet élevage se déroule peuvent être réductrices. C'est notamment le cas des vins blancs élevés sur leurs lies de vinification. En effet, ces lies, constituées de levures mortes, ont une consommation d'oxygène assez importante, ce qui limite donc sa dissolution dans le vin. Ainsi, l'élevage sur lies fines protège l'évolution des composés aromatiques du vin jeune, comme cela a par exemple été démontré sur les thiols variétaux (IFV, 2013), qui sont pourtant des molécules très réductrices.

Ce type d'élevage améliore également la complexité aromatique du vin, amenant de la richesse et de la longueur en bouche. Ces bonifications sont notamment dues au processus d'autolyse des levures (IFV, 2013). Il s'agit d'une autodestruction cellulaire qui met en jeu trois mécanismes : la dégradation des parois cellulaires, qui induit une libération de polysaccharides ; la protéolyse, qui correspond au relargage d'acides aminés, composés azotés et de peptides ; le relargage de substances volatiles telles que des ester d'acides gras, des alcools supérieurs ou encore des lactones.



Le bâtonnage, en remettant les lies au contact du vin, accentue ces deux effets de l'élevage sur lies. Cette opération permet également d'aérer ces lies et donc de limiter l'apparition d'odeurs de réduct dans celles-ci, déviance souvent observée. En pratique, la fréquence du bâtonnage diminue tout au long de l'élevage du vin. En 2023, elle fut de deux bâtonnages par semaine durant le premier mois d'élevage, puis d'un seul bâtonnage par semaine jusqu'à la fin de la saison hivernale. Une barrique témoin est gardée à part pour permettre de piloter la fréquence plus finement. Le nombre d'allers-retours avec la dodine dans une barrique est choisi de manière très empirique et visuelle : le vin doit devenir trouble.

### 5.2.3 Soutirage des vins

Avec l'arrêt des fermentations et donc de la production de CO<sub>2</sub> gazeux, les particules solides (colloïdes et micro-organismes) en suspension dans le vin ne sont plus mises en mouvement. Sous l'effet de la sédimentation (loi de Stokes), ces particules s'accumulent progressivement au fond du contenant. Elles s'y agglomèrent et forment un dépôt solide, néanmoins très visqueux, communément appelé « lies grossières ». Les vins blancs subissant un débouillage et une vinification en phase liquide, ces lies grossières concernent exclusivement les vins rouges, qui ne sont clarifiés qu'une fois leurs fermentations alcoolique et malolactique terminées. Le soutirage est l'opération qui consiste à extraire le vin du contenant où il effectue son élevage, puis à le réintroduire dans ce contenant nettoyé des lies grossières et des précipitations tartriques. Cette opération a pour objectif de limiter les sources de déviations organoleptiques et microbiologiques, et de diminuer la turbidité du vin.

Le premier soutirage des vins rouges a lieu quelques jours seulement après leurs fermentations terminées. Il s'agit donc d'un soutirage en cuve. Pour faciliter cette opération et augmenter sa précision, les cuves du Château Yvonne sont équipées de deux vannes (cf Figure 38). La vanne de soutirage, par laquelle s'effectue le pompage, est volontairement située en dessous du niveau du bas de la cuve. Ainsi, à partir de la prise d'air, il est possible d'ouvrir la porte de la cuve et de terminer le soutirage depuis la porte, en utilisant un coude. L'opérateur voit donc bien mieux la turbidité du vin récupéré, et peut s'arrêter précisément

D'autres soutirages ont lieu pendant l'élevage en barrique. Ils sont effectués à l'aide d'une canne de soutirage, introduite par le trou de bonde.



Figure 38 : Photographie d'une cuve tronconique bois et localisation des vannes

La fréquence des soutirages n'est pas toujours fixe d'un millésime à l'autre, elle fluctue principalement en fonction de l'état sanitaire de la vendange. Les  $\beta$ -glucanes sécrétés par *Botrytis cinerea* sont en particulier une contrainte délicate pour la décantation des particules. Certains lots compliqués de vins blancs du millésime 2023, notamment Bay Rouge/Pouge, ont également nécessité un soutirage lors du printemps 2024 car ils développaient des arômes réduits défavorables. Sur vin rouge, on retiendra que le soutirage a lieu à la fréquence de 3 par an.

Les lies des vins du Château Yvonne ne sont jamais filtrées et réintroduites dans la production. Elles sont stockées dans des cuvons en plastique avant d'être amenées à la distillerie.

#### 5.2.4 Entonnage des vins rouges

Après avoir passé leurs six premiers mois d'élevage dans les cuves bois, les vins rouges des cuvées *Château Yvonne* et *Le Beaumeray* sont acheminés dans le chai d'élevage (cf Figure 39), où ils passeront respectivement 12 et 24 mois en barrique. Le chantier d'entonnage se déroule de la même manière que celui des moûts blancs, décrit en 4.1.3. La seule différence notable est que le vin rouge en cours d'élevage est beaucoup moins mousseux que le moût blanc en FA, ce qui facilite énormément l'opération. Les barriques sont donc remplies au maximum, jusqu'au ras du trou de bonde. En outre, le changement de contenant des vins permet de réaliser un soutirage.



Figure 39 : Photographie d'une des salles d'élevage du vin rouge du Château Yvonne

#### 5.2.5 Ouillage des cuves bois et des barriques

En raison de la perméabilité aux gaz du bois et de sa capacité à absorber le vin, le volume de vin dans le contenant diminue au cours du temps. Cette opération intervient en général toutes les trois semaines. Logiquement, cette perte est d'autant plus importante que la surface d'échange entre le bois et le vin est importante. Afin de limiter la taille de la bulle d'air en sommet du contenant, qui engendre des risques de développement de micro-organismes aérobies, telles que les bactéries acétiques, et une entrée d'oxygène plus importante dans le vin, il est nécessaire de remplir les contenants à leur capacité maximale le plus souvent possible.

A chaque millésime, une petite partie de la production est stockée dans un garde-vin, contenant à volume variable. Le vin d’ouillage est dégusté et suivi régulièrement. Le risque principal est une contamination microbiologique, qui serait directement diffusée aux autres lots. Il est également nécessaire que ce vin soit épuisé en sucres fermentescibles et en acide malique. Les conditions de stockage du garde-vin sont donc importantes, il est situé au sous-sol de la cave où les conditions sont très stables. Le matériel utilisé pour l’ouillage des contenants bois est très simple : un seau et un pichet. La principale contrainte est la distance entre la cave et le chai à barriques. Afin de suivre visuellement l’évolution du niveau des cuves et de faciliter leur remplissage, les trappes des cuves bois sont surmontées d’une bonde aseptique de marque Bellot (cf Figure 38). L’opération d’ouillage est également l’occasion de nettoyer le haut du contenant (bonde silicone ou bonde Bellot), avec de l’eau chaude sulfitée pour éviter le développement de tout micro-organisme ou champignon. La fréquence des ouillages dépend de l’avancée dans et des conditions météorologiques, en particulier l’humidité de l’air.

Enfin, il semble intéressant de connaître l’influence de ces opérations courantes sur la dissolution de l’oxygène dans les vins. Le Tableau 7 ci-contre permet notamment d’identifier que l’ouillage, même s’il est réalisé pour limiter l’oxydation du vin, reste une opération qui induit une dissolution d’oxygène dans le vin. Il faut donc trouver un équilibre de fréquence pour toutes ces pratiques, qui accélèrent indirectement le vieillissement du vin.

Tableau 7 : Concentration en oxygène dissous apportée par les principales opérations d'élevage du vin (IFV, Fiches pratiques)

Opération	Oxygène dissous (mg/L)
Pompage	1-2
Transvasage	4-6
Soutirage «sans aération»	2-5
Soutirage «avec aération»	4-8
Ouillage	0.2-1
Filtration	3-6

## 5.3 Gestion de la problématique des *Brettanomyces bruxellensis*

### 5.3.1 Présentation des déviations engendrées par les *Brettanomyces bruxellensis*

Les levures de l’espèce *Brettanomyces bruxellensis* (ou *Dekkera bruxellensis*) sont, d’après une étude réalisée sur les dégustations de l’International Wine Challenge, une des principales sources de déviations des vins (Goode & Harrop, 2008). Capables de supporter des pH bas et des teneurs en éthanol, ces levures sont particulièrement bien adaptées à la matrice vin (Rozpedowska et al., 2011). Elles sont de plus très particulièrement adaptée aux milieux pauvres en nutriments, et leur vitesse de croissance est lente de sorte qu’elles peuvent rester longtemps en latence dans un milieu avant de s’y développer. De plus, ces levures ont un seuil de tolérance au SO<sub>2</sub> élevé.

Les déviations associées au développement de *Brettanomyces bruxellensis* sont multiples et dépendent de ses conditions de développement. Les principales sont une augmentation de l’acidité volatile, l’apparition du goût de souris, et surtout la production de phénols volatils (Cibrario, 2017). Les phénols volatils regroupent les vinyl-phénols et les éthyl-phénols, découlent de la décarboxylation enzymatique des acides phénols du raisin. Certaines souches de *Saccharomyces cerevisiae* ont le pool génétique pour synthétiser les vinyl-phénols, mais pas pour les réduire en éthyl-phénols. Les phénols

volatils sont aromatiques, avec des seuils de perception bas, mais leurs odeurs sont désagréables : gouache, encres, notes pharmaceutiques pour les vinyl-phénols ; cuir, cheval pour les éthyl-phénols. Généralement les déviations associées aux vinyl-phénols concernent les vins blancs, celles des éthyl-phénols les vins rouges.

### 5.3.2 Protection préventive des vins

Du fait des tolérances supérieures de ces levures aux milieux pauvres, l'élevage est généralement la période la plus critique. L'élevage en barriques est d'autant plus délicat que c'est matériau difficile à assainir totalement, les contaminations y sont donc plus courantes (Malfeito-Ferreira, 2018). L'élevage sous bois des vins rouges du Château Yvonne étant plus long que celui des vins blancs, la problématique des *Brettanomyces bruxellensis* intervient principalement sur ces vins. Ce sont donc la formation d'éthyl-phénols et l'augmentation de l'acidité volatile qui sont en jeu.

Les éthyl-phénols sont des molécules particulièrement stables dont il est difficile de se débarrasser. La méthode la plus efficace est celle de l'osmose inverse (Ugarte et al., 2005), mais elle est interdite en agriculture biologique. Pour le Château Yvonne, il convient donc de se prémunir du développement des *Brettanomyces bruxellensis*.

Mise à part pour les presses, les FA et FML des vins rouges sont généralement rapides au Château Yvonne, ce qui limite les périodes de latence propice au développement des *Brettanomyces bruxellensis*. Si les vins ne sont pas sulfités en routine après la fin des fermentations, la logique du domaine est plutôt d'analyser les vins d'un point de vue microbiologique. Ainsi, dès le début de l'élevage du vin rouge, un échantillon de chaque cuve est envoyé au laboratoire pour un premier état des lieux. La méthode d'analyse choisie est la mise en culture sur boîte de Pétri. Si la sensibilité de cette mesure ancienne n'est plus à démontrer, elle ne permet néanmoins pas de quantifier les cellules viables non cultivables, état métabolique dans lequel *Brettanomyces bruxellensis* est capable d'entrer (Pic et Mathieu, 2016). Les résultats de certaines analyses sur les vins rouges de 2023 sont proposés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Résultats des analyses de comptage de *Brettanomyces bruxellensis* sur les vins rouge 2023  
UFC = Unité Formant Colonie

N° Echantillon	2307729	2307726	2307727	2309038	2309039
Date d'analyse	10/11/2023	10/11/2023	10/11/2023	01/12/2023	01/12/2023
Libellé	-	-	-	-	-
N°Cuve	50 A	38 B	38 C	38 B	38 C
Appellation	-	-	-	-	-
Millesime	2023	2023	2023	2023	2023
Couleur	Vin rouge	Vin rouge	Vin rouge	Vin rouge	Vin rouge
Dosage	-	-	-	-	-
Levures <i>Brettanomyces</i> (UFC/mL)	180	>3000	>3000	12	>3000

Deux séries d'analyses ont été réalisées, la première (le 10/11) avant soutirage et la seconde (01/12) après soutirage. Elles témoignent de la présence de *Brettanomyces bruxellensis* dans les trois cuves présentées au 10/11. Néanmoins les pressions restent faibles, en particulier pour la production d'éthyl-phénols (Gerland, 2010). Les résultats des cuves 38B et 38C après soutirage sont très contrastés. Il faut néanmoins garder du recul vis-à-vis de ces résultats en raison du biais induit par l'échantillonnage (Gerland, 2010). Le nombre d'unité formant colonie a nettement diminué dans le vin de la 38B, pas

dans celui de la 38C. Comme décrit dans la bibliographie, le soutirage peut s'avérer efficace pour réduire la charge en *Brettanomyces bruxellensis* d'un vin car ces levures ont tendance à se développer dans la partie basse des contenants, et même dans les lies (Cibrario, 2017). Pour le vin de la cuve 38C, un soutirage supplémentaire, avant son entonnage, a été envisagé. Sur des lots où la contamination est plus avancée, le Château Yvonne effectue une double filtration serrée sur terre rose, selon un procédé adapté à *Brettanomyces bruxellensis* proposé par son prestataire (cf 0). Cette opération a notamment été réalisée sur le vin des presses 2023, une déviance organoleptique de type éthyl-phénols ayant été identifiée à la dégustation.

Le suivi des *Brettanomyces bruxellensis* se poursuit tout au long de l'élevage, et en particulier pour les lots dont les fermentations furent plus difficiles qui sont analysés régulièrement. Ce fut notamment le cas sur un des lots en 2022, en raison du TAV du vin. Le lot en question, Pierres Blanches (PB dans le Tableau 9), ne contient plus que 18 UFC/mL après plus d'un an d'élevage. Néanmoins la formation d'éthyl-phénols s'est produite en amont.

Tableau 9 : Résultats du comptage de *Brettanomyces bruxellensis* sur un lot de vin rouge 2022

N° Echantillon	2308626
Date d'analyse	24/11/2023
Libellé	-
N°Cuve	PB
Appellation	-
Millesime	2022
Couleur	Vin rouge
Dosage	-
Levures <i>Brettanomyces</i> (UFC/mL)	18

### 5.3.3 Importance de l'hygiène

La détection précoce de *Brettanomyces bruxellensis* sur certains lots vise non seulement à limiter le développement de ces levures au sein du lot contaminé, mais également à isoler ces lots pour éviter une contamination plus générale. Les contenants et les équipements de transfert (pompes, tuyaux,...) sont souvent identifiés comme les principales sources de contamination (Connell et al., 2002). Il est ainsi important de réaliser les premières analyses avant les premiers soutirages, et de les poursuivre tout au long de l'élevage. Les vins révélant la présence de *Brettanomyces bruxellensis* sont donc soutirés en fin du chantier. De plus, le nettoyage des équipements et des contenants est plus poussé.

Pour les cuves bois, le programme de nettoyage est le suivant :

- eau chaude (40°C) sous pression (Karcher) pendant 30 minutes
- vapeur d'eau (Barriclean, modèle NEO 24) pendant 1 heure 30
- eau chaude (40°C) sous pression (Karcher) pendant 30 minutes
- rinçage à l'eau froide



Figure 40 : Photographie du nettoyage d'une cuve bois à l'aide du Barriclean

## 5.4 Choix des assemblages

Les premiers choix d'assemblages des vins rouges débutent dès les décuvages, où les lots parcelaires sont regroupés par terroir et par qualité. Se distinguent alors les cuvées *L'île Quatre Sous*, *La Folie* et *Château Yvonne*. Comme expliqué en 2.4.1, l'élevage de ces cuvées est très différent.

Une fois l'élevage d'une cuvée jugé terminé, des essais d'assemblage sont réalisés avec l'œnologue conseil. Si le devenir de chaque lot est généralement fixé d'avance, il faut savoir rester objectif vis-à-vis des déviations ou des évolutions positives qu'il a pu connaître durant son élevage. Il est ainsi intéressant de jouer sur la diversité des cuvées et sur la possibilité d'introduire jusqu'à 15% d'un lot d'un autre millésime dans un vin millésimé (EUR-LEX, 2019). Une fois l'assemblage final choisi, il est reproduit avec l'intégralité du volume de vin, qui est assemblé dans des gros contenants. Ce mélange des lots des vins est appelé « remise en masse ». Il vise à réunir les différents lots par cuvée avant leur mise en bouteille. Cela permet donc d'homogénéiser les lots de manière standardisée et uniforme, de se projeter en vue de la dernière étape, mais surtout simplifie les étapes suivantes de préparation des vins à la mise en bouteille.

## 5.5 Préparation des vins à la mise en bouteille

### 5.5.1 Résultats d'analyse et discussion des pratiques

Afin de faire définir les opérations de préparation du vin à la mise en bouteille, un échantillon du lot final homogène est envoyé au laboratoire. Le Tableau 10 présente les résultats d'analyses de deux vins dont la mise en bouteille est prévue.

Tableau 10 : Résultats d'analyses préalables à la mise en bouteille

Château Yvonne blanc 2022				L'île Quatre Sous (rouge) 2023			
Analyses	Résultats	Incertitudes	Unités	Analyses	Résultats	Incertitudes	Unités
Titre Alcool Acquis	13.97	±0.15	% vol	Titre Alcool Acquis	12.79	±0.15	% vol
Glucose + Fructose	1.4	±0.3	g/L	Glucose + Fructose	<0.3	±0.3	g/L
Acidité Totale	3.57	±0.18	g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L	Acidité Totale	3.20	±0.16	g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L
pH	3.23	±0.06		pH	3.79	±0.06	
Acidité volatile	0.53	±0.05	g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L	Acidité volatile	0.52	±0.05	g(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/L
Dioxyde de Soufre Libre	ND	±10	mg/L	Dioxyde de Soufre Libre	11	±10	mg/L
Dioxyde de Soufre Total	41	±12	mg/L	Dioxyde de Soufre Total	28	±12	mg/L
Fer	0.64	01.0	mg/L	Fer	2.0	±0.7	mg/L
Cuivre	<0.06	±0.1	mg/L	Acide L Malique	<0.10	±0.12	g/L
Acide L Malique	0.12	±0.12	g/L	Acide L lactique	1.01	±0.20	g/L
Acide L lactique	0.74	±0.20	g/L	Gaz carbonique	530	±100	mg/L
Gaz carbonique	1290	±100	mg/L	Tenue au froid	Cristaux:+++ MC:+		
Test protéines sans tanins	1.7		NTU				
Test protéines avec tanins	52.9		NTU				
Tenue au froid	Cristaux:+ MC:---						
<small>ND: Non Détecté            Test protéines sans tanin (delta NTU &lt;2): Absence de protéines instables.            Test protéines avec tanin (delta NTU &gt;30): Présence de protéines instables.</small>				<small>ND: Non Détecté            Test tenue au froid: Forte présence de cristaux précipités (risque élevé de précipitation).            Test tenue au froid: Faible présence de MC précipitée (Faible risque de précipitation).</small>			

Les premières données à analyser concernent le respect des normes juridiques de mise des vins sur le marché. Il concerne l'acidité volatile et la teneur en dioxyde de soufre total. Pour l'acidité volatile, les teneurs maximales sont de 0,88g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L pour les vins blancs et de 0,98g(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/L pour les vins rouges (EUR-LEX, 2009). La teneur en SO<sub>2</sub> total maximale des vins secs (teneur en sucres résiduels inférieure à 2g/L) issus de l'agriculture biologique est fixée à 150mg/L pour les vins blancs et à 100mg/L pour les vins rouges (EUR-LEX, 2012). Les deux vins présentés sont donc commercialisables d'un point de vue législatif.

Le second volet d'informations concerne la stabilité microbiologique du vin. L'objectif est en effet de ne plus permettre au milieu d'évoluer une fois sa mise en bouteille. Les principaux substrats disponibles sont les sucres fermentescibles (glucose + fructose) et l'acide malique. Le Château Yvonne blanc 2022 contient encore des traces non négligeables de ces deux substrats (respectivement 1,4 g/L et 0,12 g/L). Même si le pH (3,2) de ce vin est très acide, ce qui augmente sa stabilité microbiologique, il sera donc nécessaire d'effectuer une filtration dite « pauvre en germes ». Le vin rouge est quant à lui épuisé en substrats.

Le troisième groupe de données nous renseigne sur la stabilité chimique et physique du vin. Il intègre les teneurs en SO<sub>2</sub> libre, en fer, en cuivre, les tests de stabilité protéique et de tenue au froid des vins. Le SO<sub>2</sub> libre (sous forme SO<sub>2</sub> ou HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) est le principal antioxydant du vin. Durant sa mise en bouteille, le vin va recevoir une teneur en oxygène dissous d'environ 2 à 4mg/L, sans prendre en compte l'oxygène dissous contenu dans l'espace de tête et dans le bouchon si celui-ci est en liège. Il est donc nécessaire de le protéger vis-à-vis de cette oxygénation afin d'éviter toute oxydation précoce. Au Château Yvonne, la teneur est réajustée à 20mg/L de SO<sub>2</sub> libre, valeur assez basse mais qui permet une bonne couverture.

Sous l'effet des variations de température ou de certaines réactions chimiques lentes, des précipitations et des troubles, appelées « casses », peuvent apparaître dans le vin. C'est notamment le cas du fer et du cuivre qui précipitent en s'associant à un anion (phosphate pour le fer, sulfate pour le cuivre). Leur teneur devient problématique à partir de 8mg/L pour le fer et d'1mg/L pour le cuivre. Les deux vins analysés ne nécessitent donc pas de traitement particulier. Pour les protéines, le risque est celui d'une dénaturation, phénomène irréversible qui peut induire une précipitation par réaction avec des colloïdes. Les tests de stabilité de tenue du vin blanc à la chaleur se contredisent, il convient donc de stabiliser le vin par un collage à la bentonite. Enfin les risques de précipitation de l'acide tartrique, par sa réaction avec les cations potassium et calcium, et de la matière colorante colloïdale sont connus par un test de tenue au froid du vin. Les basses températures sont en effet un moteur de ces réactions, notamment en diminuant le produit de solubilité des cristaux de tartre. Le vin rouge ressort très sensible à la précipitation tartrique. Pour le vin blanc, la situation est moins tranchée et mérite un approfondissement.

Enfin, la teneur en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), qui participe également à la stabilité chimique du vin, joue principalement sur la perception organoleptique du vin. Elle est donc à réguler en fonction du profil du vin, de son potentiel de garde et du cadre de consommation (apéritif, repas, occasion festive,...) dans lequel il est principalement amené à être bu. Pour les vins blancs du Château Yvonne, destinés à être dégustés lors d'un repas, la valeur cible est autour de 900mg/L de CO<sub>2</sub>. Il sera donc nécessaire de dégazéifier le Château Yvonne 2022. Pour les vins rouges, les teneurs en CO<sub>2</sub> souhaitées sont généralement plus faibles, autour de 500mg/L. Il n'y a donc pas de réajustement nécessaire pour le vin rouge.

### 5.5.2 Absence de stabilisation préventive du vin

En raison des convictions personnelles du vigneron, les vins ne sont ni collés ni stabilisés aux différentes casses courantes. Les principales raisons qu'il évoque sont le risque de dépouillement de la matrice, l'ajout d'intrants identifiés comme secondaires et la stabilisation apportée par l'élevage long.

Les casses et la précipitation tartrique ne modifient le vin que visuellement. En effet, il se forme un trouble (casses protéique, ferrique et cuivreuse) ou des cristaux (précipitation tartrique) dans le fond de la bouteille. La principale problématique est donc l'acceptation du client à consommer un vin trouble. Les vins du Château Yvonne visent principalement des marchés de connaisseurs, dont l'acceptation de l'instabilité est souvent plus importante car ils y sont initiés. En outre, les vins du domaine sont commercialisés dans des bouteilles en verre de couleur vert foncé, quasiment opaque. Ainsi les déstabilisations physiques ne sont pas visibles lors de l'achat du vin.

Néanmoins il semble important de rappeler que l'export est le principal marché du Château Yvonne (cf 2.4.2), et en particulier le grand export. Près de la moitié des vins produits sont donc amenés à être transférés par bateaux, dans des conditions de stockage souvent moins favorable à la stabilité du vin. Or les principaux facteurs de casses sont les changements de température. De plus, la majorité des cuvées vendues au grand export sont celles qui subissent l'élevage le moins long. Ce sont donc les plus sensibles vis-à-vis de ces déstabilisations « physiques » de la matrice. Si à l'avenir des choix de stabilisation devaient être faits, ils devraient faire intervenir des auxiliaires et des additifs, le Château Yvonne n'étant pas équipé d'un système de thermorégulation à eau glycolée.

### 5.5.3 Filtration du vin

A défaut de pratiquer une stabilisation préventive des vins, le domaine les filtre pour en améliorer la netteté gustative. En effet, la filtration est une opération indispensable permettant de stabiliser le vin d'un point de vue physique et microbiologique. Elle consiste à faire circuler le vin à travers une membrane poreuse pour le nettoyer de ses impuretés et obtenir ainsi une limpidité plus élevée. Cette opération est sous-traitée à un prestataire historique et de confiance, les Etablissements Brault, ce qui semble cohérent au regard de sa technicité et du volume de vin produit par le Château Yvonne. Néanmoins les choix de filtration sont effectués par le vigneron.

Le procédé de filtration utilisé est une filtration sur terre, à l'aide d'un filtre à plateaux horizontaux. Ce procédé peut être employé pour une large gamme d'objectifs, allant de la filtration dégrossissante d'un vin jeune jusqu'à une filtration fine de préparation à la mise en bouteille. La particularité de ce procédé est son affinage progressif, par apport continu d'adjuvant de filtration, ce qui limite le colmatage du filtre et permet une rétention élevée par effet tamisage (Desseigne, 2019). L'adjuvant de filtration utilisé est le kieselguhr, sous sa forme frittée (terres blanches) ou sous sa forme calcinée (terres roses). Ces deux types de kieselguhr se différencient par leur perméabilité, exprimée en Darcy : elle est supérieure à 1 Darcy pour le kieselguhr fritté et inférieure à 1 Darcy pour le kieselguhr calciné. Ainsi les terres blanches sont utilisées pour des filtrations dégrossissantes tandis que les terres roses servent d'adjuvant pour des filtrations plus poussées (Davaux, 2003).

Les filtrations effectuées au Château Yvonne varient en fonction des vins. Pour les vins blancs et le vin rouge de Pineau d'Aunis (cuvée *Bay Rouge*), le principal objectif est d'augmenter la brillance et la



transparence du vin. En revanche, pour les vins rouges de Cabernet franc, plus denses, le principal objectif est de dégrossir la matrice et d'augmenter sa netteté. L'adjuvant de filtration généralement utilisé dans les deux cas est la terre blanche. La finesse de la filtration est ajustée progressivement au cours de la filtration, elle est modulée par la quantité de terre ajoutée et la durée de la filtration. Pour les vins nécessitant une stabilisation microbiologique plus importante, un procédé de filtration pauvre en germes est mis en place. Il prévoit deux filtrations successives : une première sur terre, mais avec de la terre rose comme adjuvant de filtration, afin de préparer le vin à une seconde filtration. Celle-ci a lieu lors de la mise en bouteille du vin. Elle s'effectue sur deux membranes en série, d'un diamètre d' $1,2\mu\text{m}$  pour la rétention des levures puis de  $0,45\mu\text{m}$  pour la rétention des bactéries.

#### 5.5.4 Réajustements chimiques

Comme expliqué en 5.5.1, des réajustements de la teneur en  $\text{CO}_2$  et en  $\text{SO}_2$  libre sont souvent nécessaires avant la mise du vin sur le marché.

Pour piloter la teneur en  $\text{CO}_2$  gazeux, un brassage du vin est nécessaire. Deux cas distincts existent selon l'ajustement à réaliser :

- S'il faut diminuer la teneur en  $\text{CO}_2$  (carbonication), le gaz utilisé sera du diazote ( $\text{N}_2$ ).
- S'il faut augmenter la teneur en  $\text{CO}_2$  (décarbonication), le gaz utilisé sera du  $\text{CO}_2$  (cas rare au Château Yvonne).

D'un point de vue pratique, le vin pompé en circuit fermé, comme lors d'un remontage sans aération. Un fritté permettant l'injection du gaz est ajouté au refoulement de la pompe. Le débit du gaz et le volume de vin à faire circuler sont réglés l'un par rapport à l'autre. De manière empirique, le vigneron a observé que la mise en circulation d'un volume de cuve sous 25L/min de  $\text{N}_2$  entraîne une diminution de 400 à 500mg/L de la teneur en  $\text{CO}_2$  de la cuve. Pour l'opération présentée en Figure 41, il fallait faire chuter la teneur en  $\text{CO}_2$  de 400mg/L. Le dégazage a donc nécessité la mise en mouvement de toute la cuve. Toutefois, le lendemain, il est nécessaire de confirmer l'efficacité de la manipulation par une analyse au carbodoseur.



Figure 41 : Photographie d'une opération de dégazage du vin fini - lot Château Yvonne blanc 2022

Pour la teneur en  $\text{SO}_2$  libre, l'opération est nettement plus simple puisqu'il suffit de la corriger par l'ajout de  $\text{SO}_2$  liquide. La combinaison du  $\text{SO}_2$  est néanmoins un facteur important à prendre en compte. En l'absence d'analyse précise sur la teneur en éthanal du vin, la règle de combinaison d'un tiers du  $\text{SO}_2$  apporté est utilisé. Il faut donc ajouter 1,5 fois la dose nécessaire.

## 5.6 Organisation de la mise en bouteille du vin

Pour les mêmes raisons que celles évoquées pour la filtration, le Château Yvonne fait appel aux Etablissements Brault pour la mise en bouteille. Elle est réalisée au domaine, au sein même de la cave. En effet les Etablissements Brault sont équipés d'un caisson d'embouteillage mobile, transporté sur un camion semi-remorque. Il est déposé sur le sol de la cave (Figure 42) ce qui augmente considérablement la facilité du travail et sa cadence.



Figure 42 : Photographie de la chaîne d'embouteillage dans la cave du Château Yvonne

La chaîne d'embouteillage est une chaîne monobloc de marque Stone, constituée de la succession de trois machines automatisées : une rinceuse, une tireuse et une boucheuse. Rinceuse et tireuse fonctionnent selon un système rotatif à 16 becs.

La rinceuse permet de nettoyer le verre de ses impuretés, notamment les débris de verre ou les poussières. La tireuse remplit la bouteille de vin. Sa cuve de tirage est donc directement reliée aux cuves du vin à embouteiller. Son mode de fonctionnement est un tirage à gravité simple, système qui permet de limiter les prises d'air et de faire une mise à niveau précise. Enfin, la boucheuse ferme la bouteille avec un bouchon en liège naturel, selon un système de bouchage sous vide.

L'ensemble de la ligne fonctionne à une cadence de 3000 bouteilles/h. Elle nécessite la présence de 5 opérateurs en plus du technicien prestataire : 2 pour fournir les bouteilles vides, 2 pour mettre les bouteilles pleines dans les palox, et 1 pour faire les transferts de palox avec le sous-sol et approvisionner en palettes de bouteilles vides. Chaque palox peut contenir jusqu'à 504 bouteilles de 75cl.

## 6. SCHEMAS DE PRODUCTION

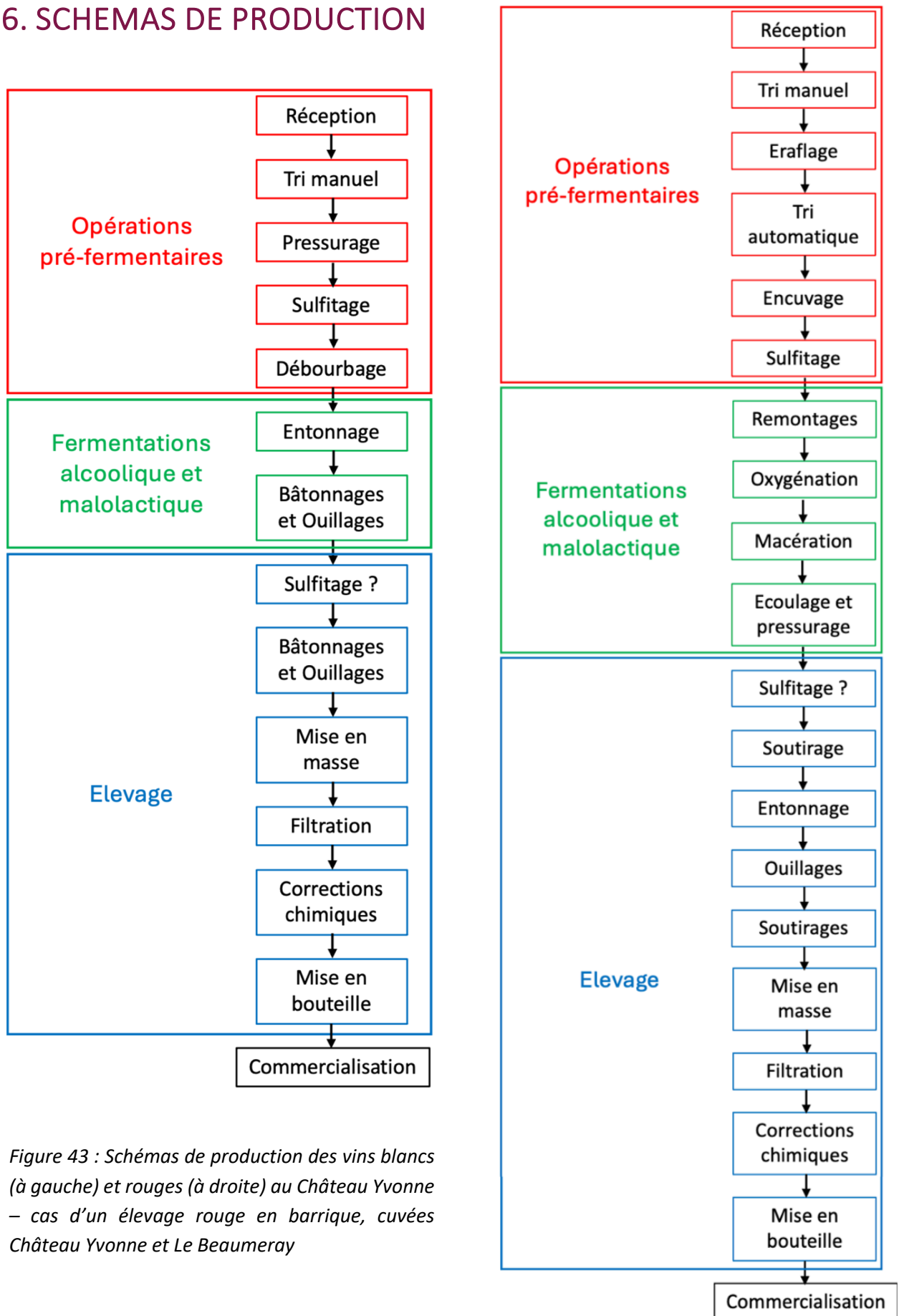


Figure 43 : Schémas de production des vins blancs (à gauche) et rouges (à droite) au Château Yvonne – cas d'un élevage rouge en barrique, cuvées Château Yvonne et Le Beaumeray

## 7. PRESENTATION DES DEMARCHES QUALITE ET ENVIRONNEMENT

### 7.1 Qualité

#### 7.1.1 Hygiène

L'hygiène est le point le plus important pour garantir une qualité optimale aux produits agro-alimentaires. En raison de son pH acide, le vin n'est pas un produit à risque d'altérations sanitaires. Toutefois il convient d'avoir des normes d'hygiène strictes pour limiter les risques d'altérations organoleptiques.

Les principales sources de contamination sont les équipements vinicoles. Ainsi tout le matériel en contact direct avec la vendange, le moût ou le vin est systématiquement rincé à l'eau potable après son utilisation. De plus, des nettoyages plus poussés sont effectués à chaque fin de chantier (fin des vendanges, fin des soutirages,...) ou après chaque contact avec un lot susceptible de véhiculer une déviance microbiologique. Ces nettoyages sont réalisés avec de l'eau mélangée à de la soude et du peroxyde d'hydrogène. Enfin, le petit matériel courant est nettoyé avec de l'eau sulfitée.

Le Château Yvonne utilise également un filtre à charbon sur son jet d'eau mobile (Figure 44). Cette cartouche filtrante permet de réduire les sédiments, le tartre et le goût et l'odeur de chlore de l'eau de nettoyage.



*Figure 44 : Photographie du jet d'eau mobile équipé d'un filtre à charbon*

Le sol et les cuves béton ont été construits de manière avec des pentes légères de manière à limiter la stagnation de l'eau. Le sol est en béton ciré, surface lisse et sans joint ce qui permet d'optimiser le nettoyage à la raclette.

Enfin, tous les contenants bois (cuves, barriques et foudres) sont nettoyées à l'eau chaude et à la vapeur entre chaque soutirage.

### 7.1.2 Traçabilité

Si l'hygiène est gage de qualité sur l'ensemble de la production, la traçabilité est nécessaire au vigneron pour rendre ces procédés répétables et suivre l'évolution de chaque lot de manière précise. Toutes les opérations sont inscrites dans un cahier de cave.

Lors des vendanges, les rendements de chaque parcelle (en nombre de caisses pour les blancs ; en nombre de benne pour les rouges) sont enregistrés. En plus d'être inscrites dans le cahier de cave, les opérations effectuées sur chaque cuve sont inscrites sur la cuve en question (Figure 45). Le suivi des masses volumiques et des travaux sur les vins en FA sont inscrits sur un grand mur dans la partie « Laboratoire » de la cave (Figure 11).

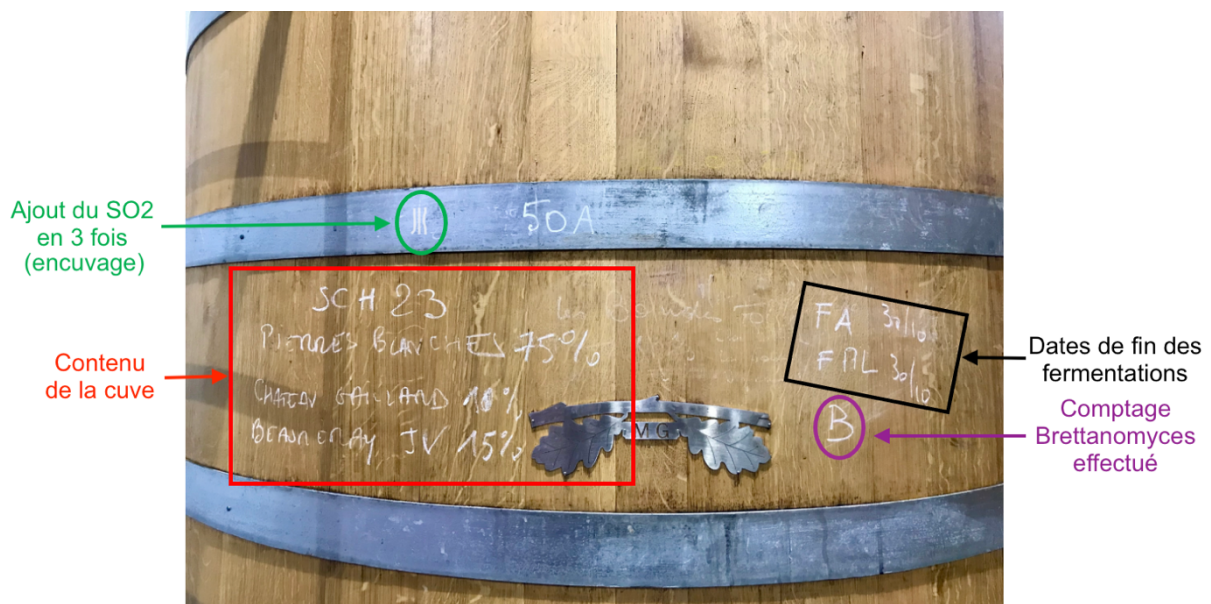


Figure 45 : Photographie légendée de la traçabilité de la cuve 50A - 02/11/23

## 7.2 Démarches environnementales

### 7.2.1 Gestion de la ressource en eau

La raréfaction de la ressource en eau est une problématique de plus pour la filière vinicole, dont la consommation en eau n'est pas très flatteuse : plusieurs litres d'eau de nettoyage en cave sont nécessaires à la production d'1L de vin (Chambre d'Agriculture de Bourgogne, 2013). La modification de certains cycles de nettoyage, en particulier avec l'usage de l'eau sous pression, permet la diminution de l'utilisation de l'eau au Château Yvonne. De plus, le domaine utilise de l'eau issue d'une source personnelle (puits) pour les nettoyages les plus grossiers. Enfin, il devrait prochainement investir pour une machine permettant le lavage des caisses de vendanges avec une récupération et une réutilisation de l'eau de nettoyage.

### 7.2.2 Agriculture biologique et agroécologie

Enfin le Château Yvonne travaille depuis 1997 selon le cahier des charges de l'Agriculture Biologique dont le maître-mot est la production dans le respect de l'environnement. De plus, le domaine fait des essais d'agroforesterie dans ses parcelles, avec notamment la plantation d'arbres fruitiers.

## CONCLUSION

Grâce à la qualité et à la richesse des terroirs qu'il exploite, mais surtout au savoir-faire et à la rigueur de son vigneron, le Château Yvonne se positionne comme un domaine viticole moteur de la région saumuroise. Mathieu Vallée est notamment membre du bureau du Syndicat des Vins de Saumur et président de l'association de vignerons Saumur So Bio, dont l'objectif est de faire connaître des vignerons de la région travaillant dans le respect de leur environnement.

Le travail en cave et au chai est précis, il cherche à valoriser la diversité des terroirs travaillés. Ainsi, les vinifications sont soignées, cherchant à limiter les intrants. Les procédés techniques utilisés sont diversifiés et s'appuient sur les atouts des raisins vinifiés. Les principales perspectives œnologiques sont de développer les compétences de l'équipe à l'analyse microbiologique, afin d'assurer un suivi de l'évolution du milieu plus continu. Les vendanges 2023 ont été difficiles, mettant en lumière les notions de choix et de compromis. Néanmoins les vins sont très satisfaisants, témoignant de la capacité du vigneron à adapter son itinéraire technique de vinification et d'élevage à la matière première.

Il ressort de ce travail une gamme de vins aboutie, diversifiée mais lisible pour le consommateur, reconnue et appréciée par les professionnels. Cette gamme met en valeur la vinification en monocépage et l'identité parcellaire. Le vigneron n'hésite pas à la faire évoluer et à la modeler aux particularités du millésime. Tous les vins sont néanmoins positionnés sur un marché haut de gamme.

## BIBLIOGRAPHIE

Alexandre, H., Nguyen Van Long, T., Feuillat, M. & Charpentier, C. (1994). Contribution à l'étude des bourbes : influence sur la fermentescibilité des moûts. *Revue Française d'Œnologie*, 146, 11-20.

Amos. (2023). <https://www.amos-industrie.com/product/remorque-elevatrice-vibrante-40-hl/> (Page consultée le 14/05/2024).

Asselin, C., Delteil, D. (1998). Vinifications : principales opérations unitaires communes. In : *Œnologie, fondements scientifiques et technologiques*, C. Flanzly coordonnateur. Tec Doc Lavoisier, Paris, 669-716.

Bazireau, M. (2023). *Vitisphère*. <https://www.vitisphere.com/actualite-100201-des-foyers-de-pourriture-accelerent-les-vendanges-danjou-saumur.html> (Page consultée le 17/05/2024).

Bekker, M. Z., Wilkes, E. N., & Smith, P. A. (2018). Evaluation of putative precursors of key 'reductive' compounds in wines post-bottling. *Food chemistry*, 245, 676-686.

Bely, M., Sablayrolles, J., & Barre, P. (1990). Automatic Detection of Assimilable Nitrogen Deficiencies During Alcoholic Fermentation in Enological Conditions. *J. Ferment. Bioeng.* 70, 246–252.

Blancard, D. (2023). *Ephytia*. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/7014/Vigne-Biologie-epidemiologie> (Page consultée le 17/05/2024).

Blanchard, L., Tominaga, T., & Dubourdieu, D. (2001). Formation of furfurylthiol exhibiting a strong coffee aroma during oak barrel fermentation from furfural released by toasted staves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4833-4835.

Bonder, C. (2013). *Analyses et décisions en œnologie : guide pratique du laboratoire et de la cave*. Lavoisier, Tec & Doc.

Carbonneau A., Torregrosa L., Deloire A., Pellegrino A., Pantin F., Romieu C., Jaillard B., Metay A., Ojeda H., & Abbal P. (2020). *Traité de la vigne : physiologie, terroir, culture*. Dunod, 712 p. (Pratiques Vitivinicoles, 3ème ed.).

Chambre d'Agriculture de Bourgogne. (2013). État des lieux des consommations d'eau et d'énergie dans les chais. [https://extranet.bivb.com/technique-et-qualite/developpement-durable/energie-et-dechets/gallery\\_files/site/2992/3312/32256.pdf](https://extranet.bivb.com/technique-et-qualite/developpement-durable/energie-et-dechets/gallery_files/site/2992/3312/32256.pdf)

Chatonnet, P., Boidron, J. N., & Dubourdieu, D. (1991). Vinification et élevage des grands vins blancs secs en futs de chêne. *Rev Oenol*, 61, 53-5.

Cibrario, A. (2017). Diversité Génétique et Phénotypique de L'espèce *Brettanomyces bruxellensis*: Influence sur son Potentiel D'altération des Vins Rouges (Doctoral dissertation, Université de Bordeaux).

Connell, L., Stender, H., & Edwards, C. G. (2002). Rapid detection and identification of *Brettanomyces* from winery air samples based on peptide nucleic acid analysis. *American journal of enology and viticulture*, 53(4), 322-324.

Davaux, F. (2003). Synthèse bibliographique sur la filtration des vins. IFV Sud-Ouest.

De Mora, S. J., Knowles, S. J., Eschenbruch, R., & Torrey, W. J. (1987). Dimethyl sulphide in some Australian red wines. *Vitis*, 26(2).

del Alamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2014). Recent advances in the evaluation of the oxygen transfer rate in oak barrels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(35), 8892-8899.

Deloire, A. (2013, July). Physiological indicators to predict harvest date and wine style. In *15th Australian Wine Industry Technical Conference, Sydney, New South Wales* (pp. 47-50).

Desseigne, J-M. (2019). Technique de filtration des vins à la propriété. <https://www.vignevin.com/article/technique-de-filtration-des-vins-a-la-propriete/> (Page consultée le 29/05/2024).

EUR-LEX. (2009). Règlement (CE) N°606/2009 de la Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32009R0606> (Page consultée le 22/05/2024).

EUR-LEX. (2012). Règlement (CE) N°203/2012 de la Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32012R0203> (Page consultée le 29/05/2024).

EUR-LEX. (2019). Règlement délégué 2019/33 de la Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0033> (Page consultée le 30/05/2024).

Fulcrand, H., Doco, T., Es-Safi, N. E., Cheynier, V., & Moutounet, M. (1996). Study of the acetaldehyde induced polymerisation of flavan-3-ols by liquid chromatography-ion spray mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 752(1-2), 85-91.

Gatti, M., Pirez, F. J., Frioni, T., Squeri, C., & Poni, S. (2018). Calibrated, delayed-cane winter pruning controls yield and significantly postpones berry ripening parameters in *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir. *Australian journal of grape and wine research*, 24(3), 305-316.

Gerland, C. (2010). Nouvelles connaissances scientifiques et pratiques pour la prévention des déviations phénolées provoquées par les *Brettanomyces*. Infowine, Revue internet de viticulture et œnologie, n°4/1.

Girard, L. (2023). *Le Monde*. [https://www.lemonde.fr/economie/article/2023/08/30/agriculture-la-difficulte-a-recruter-des-saisonniers-pousse-a-la-mecanisation\\_6187103\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2023/08/30/agriculture-la-difficulte-a-recruter-des-saisonniers-pousse-a-la-mecanisation_6187103_3234.html) (Page consultée le 17/05/2024).

Goode, J., & Harrop, S. (2008). Wine faults and their prevalence: data from the world's largest blind tasting. In *16èmes Entretiens Scientifiques Lallemand*.



ICV. (2020). *Quels critères pour caractériser la maturation du raisin ?* <https://www.icv.fr/actualites/viticulture/25-aout-2020/quels-criteres-pour-pour-caracteriser-la-maturation-du-raisin> (Page consultée le 16/05/2024).

ICV. (2021). *L'oxygène pendant et après fermentation, un allié à utiliser à bon escient !* <https://www.icv.fr/actualites/oenologie-viticulture/20-septembre-2021/loxygene-pendant-et-apres-fermentation-un-allie> (Page consultée le 26/05/2024).

ICV. (2022). *Que va apporter la pluie ?* <https://www.icv.fr/actualites/viticulture/23-aout-2022/que-va-apporter-la-pluie> (Page consultée le 17/05/2024).

IFV. (2013). *Les vins blancs de la démarche marketing à la vinification : les clés d'un pilotage réussi.* Éditions France Agricole, 274p.

IFV. (s.d.). *Azote en œnologie.* <https://www.vignevin.com/publications/fiches-pratiques/azote-en-oenologie/> (Page consultée le 21/05/2024).

INAO. (2024a). *Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée Saumur.*

INAO. (2024b). *Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée Saumur-Champigny.*

Johnson, H., Robinson, J. (2021). *Atlas mondial du vin.* Flammarion, 416 p.

Malfeito-Ferreira, M. (2018). Two decades of "horse sweat" taint and Brettanomyces yeasts in wine: Where do we stand now?. *Beverages*, 4(2), 32.

Météo-France. (2022). *Fiche climatique n°49328001.* [https://donneespubliques.meteofrance.fr/FichesClim/FICHECLIM\\_49328001.pdf](https://donneespubliques.meteofrance.fr/FichesClim/FICHECLIM_49328001.pdf)

Météo-France. (2023). <https://meteofrance.com/comprendre-climat/france/le-climat-en-france-metropolitaine> (Page consultée le 30/04/2024).

Nevarés, I., & del Alamo, M. (2008). Measurement of dissolved oxygen during red wines tank aging with chips and micro-oxygenation. *Analytica chimica acta*, 621(1), 68-78.

OIV. (2021). Normes internationales pour l'étiquetage des vins.

Pic, L. & Mathieu, J. (2016). Brettanomyces : Faut-il craindre les VNC ? Infowine, Revue internet de viticulture et œnologie, n°10/1.

PlantGrape. (2023a). *Fiche technique Cabernet franc.* <https://www.plantgrape.fr/fr/varietes/varietes-a-fruits/42/export> (Page consultée le 02/05/2024).

PlantGrape. (2023b). *Fiche technique Chenin.* <https://www.plantgrape.fr/fr/varietes/varietes-a-fruits/68/export> (Page consultée le 02/05/2024).

PlantGrape. (2023c). *Fiche technique Pineau d'Aunis*. <https://www.plantgrape.fr/fr/varietes/varietes-a-fruits/215/export> (Page consultée le 02/05/2024).

Prigent, D. (1997). Exploitation et commercialisation du tuffeau blanc (XVe-XIXe siècles). Dans *Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest* (Vol. 104, No. 3, pp. 67-80).

Prost, C., Beaufils, F. (2022). *GRAPH'AGRI 2022*. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. 219 p.

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2020a). *Traité d'œnologie, tome 1, Microbiologie du vin – vinifications*. Collection pratiques vitivinicoles, Dunod.

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2020b). *Traité d'œnologie, tome 1, Chimie du vin – Stabilisations et traitements*. Collection pratiques vitivinicoles, Dunod.

Rousseau, J. (2018). Évolution de la composition de la vendange : quelles conséquences au vignoble ? In *9<sup>ème</sup> entretiens Vigne Vin Languedoc Roussillon, IFV*.

Rozpedowska, E., Hellborg, L., Ishchuk, O. P., Orhan, F., Galafassi, S., Merico, A., ... & Piškur, J. (2011). Parallel evolution of the make–accumulate–consume strategy in *Saccharomyces* and *Dekkera* yeasts. *Nature communications*, 2(1), 302.

Sablayrolles, J. M. (2019). Kinetics and control of alcoholic fermentation during wine production. *Yeasts in the Production of Wine*, 283-313.

Salema, M., Poolman, B., Lolkema, J. S., Dias, M. C. L., & Konings, W. N. (1994). Uniport of monoanionic L-malate in membrane vesicles from *Leuconostoc oenos*. *European journal of biochemistry*, 225(1), 289-295.

Vins du val de Loire. (2022). *Fiche appellation Saumur*. [https://www.vinsvaldeloire.fr/sites/default/files/pdf\\_appellation/fiche\\_appellation\\_saumur.pdf](https://www.vinsvaldeloire.fr/sites/default/files/pdf_appellation/fiche_appellation_saumur.pdf)

Viret, O., & Siegfried, W. (1995). *Pourriture grise et nourriture acétique*. Fiche technique, 41.

Vivas, N., Callede, J. P., & Gautier, P. (1991). Conduite d'une vinification en rouge comportant deux phases separees [maceration a chaud du marc, puis fermentation du jus a basse temperature]. *Revue française d'œnologie*, 31.

# ANNEXES

## Annexe 1 : tracteur et attelages



Tracteur interligne vigneron Fendt 208 Vario



Actisol : principal outil de travail du sol



Rogneuse-écimeuse (demi-face droite)



## RESUME

Ce mémoire de fin d'études d'œnologie présente le fonctionnement technique du Château Yvonne, domaine viticole situé dans l'Appellation d'Origine Contrôlée Saumur (Val de Loire) conduit depuis 2007 par Mathieu Vallée. Il s'agit d'un domaine indépendant de 19ha, dynamique sur les nouvelles thématiques viticoles (agroforesterie, filets anti-grêle, réintroduction de cépages autochtones oubliés,...) et davantage conservateur en œnologie, concentré sur l'humble objectif de respecter les raisins façonnés par le terroir et le millésime.

Ce travail s'appuie sur un stage pratique de trois mois, effectué lors des vendanges et vinifications 2023. Il décrit l'ensemble des étapes et des outils de production des vins blancs et des vins rouges du Château Yvonne, depuis la mise en place des vendanges jusqu'au conditionnement des vins. Les différentes opérations unitaires durant la vinification et l'élevage sont explicitées. Le suivi analytique des moûts et des vins est présenté et analysé, afin d'enrichir le propos et d'apporter un regard œnologique au procédé.

Mots clés : œnologie, Saumur, vendanges, vinifications, élevage, suivi analytique

## ABSTRACT

### **Title : Vinification and ageing at Château Yvonne vineyard**

This final year oenology dissertation looks at the technical operation of Château Yvonne, a winegrowing estate in the Saumur registered designation of origin (Loire Valley) run by Mathieu Vallée since 2007. The 19-hectare estate is independent, dynamic in terms of new viticultural themes (agroforestry, anti-hail nets, reintroduction of forgotten indigenous grape varieties, etc.) and more conservative in terms of oenology, concentrating on the humble objective of respecting the grapes shaped by the terroir and the vintage.

This work is based on a three-month practical internship, carried out during the 2023 harvest and vinification. It describes all the stages and tools in the production of Château Yvonne's white and red wines, from harvesting to packaging. The various unit operations during vinification and ageing are explained. The analytical monitoring of the musts and wines is presented and discussed, in order to enrich the discussion and bring an oenological perspective to the process.

Key words : œnology, Saumur, harvest, vinification, ageing, analytical monitoring

Pour citer ce document : Carrafa, Numa, (2023). La vinification et l'élevage du vin au Château Yvonne. Mémoire du Diplôme National d'Œnologie, l'Institut Agro Montpellier. 76p.

Institut Agro | Montpellier SupAgro, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02.  
<https://www.institut-agro-montpellier.fr/>