



HAL
open science

Effet de la fertilisation foliaire sur la teneur en azote assimilable du moût et la fermentation alcoolique de raisins de Vermentino

Camille Loiseau

► **To cite this version:**

Camille Loiseau. Effet de la fertilisation foliaire sur la teneur en azote assimilable du moût et la fermentation alcoolique de raisins de Vermentino. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04250995

HAL Id: dumas-04250995

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04250995>

Submitted on 20 Oct 2023

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

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



ISVV
INSTITUT DES SCIENCES
DE LA VIGNE ET DU VIN
BORDEAUX AQUITAINE

université
de **BORDEAUX**

MÉMOIRE

Présenté à l'Université de Bordeaux

Pour l'obtention du

DIPLÔME NATIONAL D'ŒNOLOGUE

Par Camille Loiseau

EFFET DE LA FERTILISATION FOLIAIRE SUR LA TENEUR EN AZOTE
ASSIMILABLE DU MOÛT ET LA FERMENTATION ALCOOLIQUE
DE RAISINS DE VERMENTINO



FATTORIA SARDI

Soutenu devant la commission d'examen de la première session 2023

Remerciements

En premier lieu, je souhaite remercier Mina et Matteo, gestionnaires et propriétaires de la Fattoria Sardi, qui m'ont donné l'opportunité de réaliser ce stage de 4 mois dans ce cadre magnifique qu'est la Toscane et qui m'ont accueillie avec toute la bienveillance nécessaire lorsqu'on arrive dans un nouveau pays.

Merci à toute l'équipe de la Fattoria Sardi qui m'a accueillie lors de ce stage, notamment Giuseppe Iacono et Roberto Parissenti qui ont pris le temps de répondre patiemment à mes nombreuses questions.

Je remercie Marina Bely, ma tutrice ISVV, pour son aide dans l'élaboration de mon expérimentation et dans la rédaction de mon rapport.

Et pour finir, je remercie mes amis pour le soutien apporté quand le mal du pays commençait à se faire sentir. Je remercie particulièrement Pauline et Pierre pour leur avis et leurs conseils sur le rapport de stage et l'expérimentation.

Résumé : La Fattoria Sardi, auparavant une petite exploitation viticole vendant une grande partie de sa production en vrac aux particuliers, a vu son activité se transformer au cours des 10 dernières années. Passant de 50 000 bouteilles par an à 165 000 bouteilles, elle vise la production d'un vin de qualité en utilisant le moins d'intrants possibles, que ce soit à la vigne ou au chai, dans le cadre de l'agriculture biodynamique. Ses vins, rosés, blancs ou rouges, sont produits à partir d'une grande diversité de cépages dont les fameux cépages italiens Vermentino et Sangiovese. Ce rapport illustre la capacité d'adaptation de l'entreprise, que ce soit pour l'évolution de l'activité au cours des années ou pour ce millésime 2022, particulièrement sec et chaud. Les vigneronns ne cessent de tenter d'approfondir leur maîtrise de la vinification, notamment en mettant en place des essais, à la vigne ou chai. L'expérimentation de 2022 porte sur la nutrition azotée des vignes dans l'objectif de ne plus ajouter d'azote dans les moûts. Si les préparations biodynamiques se montrent efficaces pour augmenter le taux d'azote assimilable des moûts, on pourrait alors éviter les arrêts de fermentation au chai sans pour autant ajouter d'intrant.

Abstract : The Fattoria Sardi used to be a little winery that sold most of its bulk production to individuals. It has changed over the last decade, from 50,000 bottles to 165,000 bottles production, and now it aims to produce high-quality wine using a biodynamic approach that minimizes the use of inputs in the vines and the winery. The rosé, white and red wines are produced with a wide range of grape varieties such as Vermentino and Sangiovese, both famous Italian varieties. This report illustrates the company's ability to adapt to the growth of production and this particularly dry and hot year. Winemakers are continuously trying to improve their skill and knowledge of winemaking by conducting experiments on the vine or the wine. This year, the subject is about having enough nitrogen to finish the fermentation without adding any to the must. Here we want to test if biodynamic preparations in the vine increase significantly the nitrogen level of the must.

Table des matières

Introduction.....	7
PARTIE VITICULTURE.....	7
I- La Fattoria Sardi, exploitation implantée dans une grande région viticole et touristique.....	7
A) La région Toscane, un contexte favorable à la production viticole.....	7
B) Organisation de l'exploitation, entre la production et le tourisme.....	8
C) Un parcellaire très diversifié.....	10
II- L'importance de l'agrotourisme dans l'activité de l'exploitation.....	12
A) L'analyse des comptes de l'entreprise traduit un renforcement de l'agrotourisme dans son activité.....	12
B) Les partenaires techniques : un encrage local important et un développement à l'international.....	13
III- Millésime et itinéraire technique du vignoble.....	14
A) Millésime 2022, la nécessité de s'adapter à un climat inhabituel.....	14
B) Un itinéraire technique adapté au millésime.....	17
PARTIE ŒNOLOGIE.....	19
I- Une production entre qualité et diversité.....	19
A) Les appellations de l'exploitation.....	19
B) La diversité des vins de la Fattoria Sardi.....	21
C) Les modes de commercialisation.....	23
II- Organisation et fonctionnement des chais.....	24
A) Un chai en plusieurs parties.....	24
B) Matériel.....	25
C) Hygiène.....	26
III- De la vendange à la mise en bouteille.....	27
A) Suivi de la maturité et décision de la date de vendange.....	27
B) Réception des vendanges et pressurage.....	28
C) Vinifications.....	29
D) Élevage.....	31
PARTIE EXPÉRIMENTATION.....	33
I- Introduction.....	33
A) Contexte.....	33
B) Bibliographie.....	33
II- Matériel et méthode.....	34
A) Parcelle d'étude.....	34
B) Présentation des modalités.....	35
C) Vendanges.....	36
D) Vinifications.....	37
E) Analyses.....	38
III- Résultats et discussion.....	38
A) Contrôles de maturité et homogénéité de la parcelle.....	38
B) Les mesures d'azote assimilable.....	39
C) Les mesures au cours de la vinification.....	40
D) Résultats de la dégustation.....	42
E) Discussion.....	42
Conclusion générale.....	44
Bibliographie.....	46

Index des figures

Figure 1: Carte de la Toscane et localisation de l'exploitation.....	8
Figure 2: Capital humain de la Fattoria Sardi.....	9
Figure 3: Carte des trois terrains de la Fattoria Sardi.....	10
Figure 4: Répartition du parcellaire en différents cépages.....	11
Figure 5: Données comptables de l'exploitation et répartition dans les différentes activités.....	12
Figure 6: Partenaires techniques de l'exploitation.....	13
Figure 7: Comparaison des moyennes de température de 2022 par rapport aux moyennes des 10 années précédentes.....	14
Figure 8: Comparaison des sommes de précipitation de 2022 par rapport aux moyennes des sommes des 10 années précédentes.....	14
Figure 9: Calendrier des travaux des vignes 2022.....	17
Figure 10: Synthèse du cahier des charges des appellations IGT Toscana et DOC Colline Lucchesi	18
Figure 11: Type d'élevage, appellation et mode de commercialisation des vins de la Fattoria Sardi.....	20
Figure 12: Localisation des 5 parties du chai.....	22
Figure 13: Schéma de l'expérimentation.....	32
Figure 14: Traitements de l'expérimentation.....	34
Figure 15: Rendements de la parcelle d'expérimentation.....	34
Figure 16: Contrôles de maturité de la parcelle d'expérimentation.....	36
Figure 17: Azote ammoniacal et alpha-aminé avant la FA.....	37
Figure 18: Azote ammoniacal et alpha-aminé après la FA.....	38
Figure 19: Evolution de la densité des jus Sgrondo au cours de la vinification.....	38
Figure 20: Evolution de la densité des jus Fiore au cours de la vinification.....	39
Figure 21: Résultats de la dégustation.....	40
Figure 22: Analyse économique des modalités de l'expérimentation.....	40
Figure 23: Matrice SWOT de l'exploitation.....	43

Index des annexes

Annexe 1 : Parcelles Arsina
Annexe 2 : Parcelles hautes Fattoria Sardi
Annexe 3 : Parcelles basses Fattoria Sardi
Annexe 4 : Proportion de chaque vin dans la production
Annexe 5 : Étiquette du produit Trainer
Annexe 6 : Analyses d'azote assimilable avant et après FA
Annexe 7 : Densités des moûts au cours de la FA

Liste des abréviations et sigles

ISTAT : Istituto nazionale di statistica (Institut national de statistiques)

OIV : Organisation internationale de la vigne et du vin

DOC : Denominazione di origine controlata (Dénomination d'origine contrôlée)

DOCG : Denominazione di origine controllate e garantita (Dénomination d'origine contrôlée et garantie)

WOOOF : World-Wide Opportunities on Organic Farms (Opportunités internationales sur des fermes biologiques)

SARL : Société à responsabilité limitée

ICEA : Istituto per la Certificazione Etica ed Ambientale (Institut pour la certification éthique et environnementale)

IGT : Indicazione geografica tipica (Indication géographique typique)

NOP : National Organic Program

USA : United States of America

CHR : Café, Hôtel, Restaurant

FA : Fermentation alcoolique

FML : Fermentation malolactique

TTC : Toutes taxes comprises

HT : Hors-taxe

TAVP : Taux d'alcool volumique potentiel

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

SWOT : Strengths, weaknesses, opportunities and threats (Forces, faiblesses, opportunités et menaces)

AB : Agriculture Biologique

Introduction

Située au centre de l'Italie, la Toscane est l'une des régions viticole les plus connues du pays. Avec ses 54 000 hectares de vigne, elle représente 7,6 % du vignoble italien et 5,5 % de la production italienne en hL (sources : ISTAT et OIV). C'est dans la ville de Lucques, au sein de la Fattoria Sardi, que j'ai effectué mon stage de viticulture entre juillet et octobre 2022. L'objectif de ce rapport est d'analyser et de comprendre l'itinéraire technique de l'exploitation et les vinifications pour le millésime 2022.

Le domaine de la Fattoria Sardi appartient à la famille Giustiniani depuis 1926. L'exploitation a toujours fait du vin mais s'est tournée vers une production de qualité à partir de 2002. La certification agriculture biologique a été obtenue en 2010 et la transmission de l'exploitation à la génération actuelle s'est faite en 2011. Depuis, l'exploitation développe non seulement la production viticole avec des méthodes tirées de la biodynamie mais également la dimension œnotouristique puisque l'exploitation loue des gîtes depuis 2005 et a ouvert un restaurant en janvier 2022. Le produit principal de la Fattoria Sardi est le rosé malgré une appellation qui n'inclue que des rouges et des blancs. Les propriétaires jugent en effet que leur terroir est particulièrement adapté à la production de leur rosé et ont parfaitement réussi à le mettre en valeur sur le plan commercial.

Ce stage m'a permis de mettre en place une expérimentation sur la fertilisation foliaire et son influence sur le taux d'azote assimilable dans le moût de raisin. Nous avons pu tester deux modalités de fertilisation, biologique et biodynamique, et les suivre jusqu'à la fin de la fermentation.

PARTIE VITICULTURE

I- La Fattoria Sardi, exploitation implantée dans une grande région viticole et touristique

A) La région Toscane, un contexte favorable à la production viticole

La région de Toscane est une région viticole historique, connue pour produire des vins de qualité. En effet, déjà dans l'Antiquité, les Étrusques cultivaient la vigne et produisaient du vin. Par la suite le vin toscan est devenu l'un des vins les plus qualitatifs du commerce romain. Les techniques de vinification n'ont cessé de se développer et de s'améliorer au cours du temps. Aujourd'hui c'est un

vignoble de renommée mondiale et une des régions italiennes comportant le plus de DOC et de DOCG avec 11 DOCG sur les 76 nationales et 41 DOC sur 330 (source : federdoc.com).

La ville de Lucques est située au nord-ouest de la Toscane, entre les Appenins et la mer Tyrrhénienne.

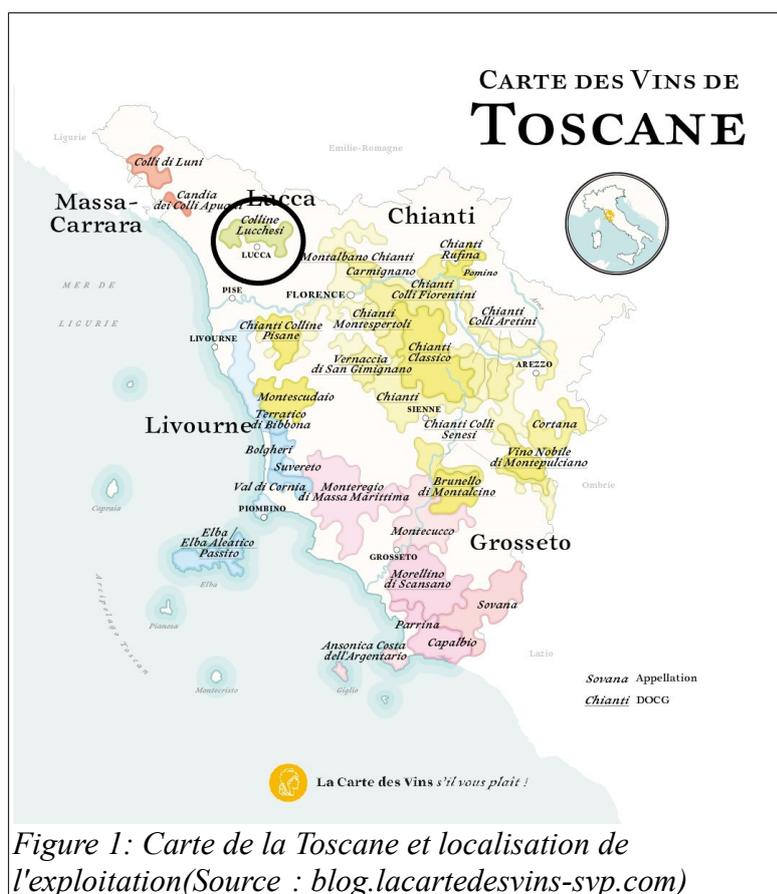
L'exploitation est située entre la rivière Freddana et le fleuve Serchio.

Cette position offre une grande quantité de lumière grâce à la mer et des nuits fraîches grâce aux montagnes, même l'été. Ces qualités sont particulièrement appréciées compte tenu du climat très chaud et surtout très sec en été de la Toscane. La présence des cours d'eau et d'un système de canaux permet l'irrigation des vignes lorsque c'est nécessaire.

Lucques est un point stratégique pour le tourisme. En effet les villes de Florence et de Pise sont respectivement à 1h20 et 35minutes de voiture grâce au système autoroutier. La mer est également à 40 minutes de voiture avec des villes balnéaires comme Viareggio et Forte dei Marmi qui sont très appréciées pour leur plage et pour leurs boutiques de luxe.

Les environs de la ville sont composés de collines qui font l'objet d'une appellation DOC : « colline lucchesi », visible sur la carte de la figure 1. Cette appellation autorise les vins blancs et les vins rouges ainsi que le vin Santo.

Le rendement maximum autorisé est de 100 quintaux par hectare. Cette limite est rarement atteinte dans l'appellation puisque les rendements aux alentours de Lucques sont particulièrement faibles. A titre d'exemple, l'exploitation fait environ 50 à 60 quintaux par hectare chaque année.



B) Organisation de l'exploitation, entre la production et le tourisme

Le domaine de la Fattoria Sardi appartient à la famille Giustiniani depuis 1926. L'exploitation a toujours fait du vin mais s'est tournée vers une production de qualité à partir de 2002. Matteo Giustiniani est devenu le chef d'exploitation en 2011 et depuis, l'exploitation développe non

seulement la production viticole mais également d'autres produits avec une dimension œnotouristique florissante.

L'équipe de l'entreprise se divise selon les différents secteurs d'activité : l'exploitation viticole, l'agrotourisme et le restaurant. Les employés permanents de la partie viticole de l'entreprise sont le maître de chai, le chef de culture ainsi que deux tractoristes. L'exploitation fait également appel à un œnologue consultant.

L'équipe de l'exploitation et sa répartition sont représentées dans la figure 2.

Deux chambres situées sur l'exploitation permettent d'accueillir des WWOOFeurs, des personnes venant visiter la région et qui ont le gîte et le couvert en échange de 20 heures de travail par semaine. Cette force de travail supplémentaire s'avère très utile dans les périodes de travaux en vert ou de vendanges.

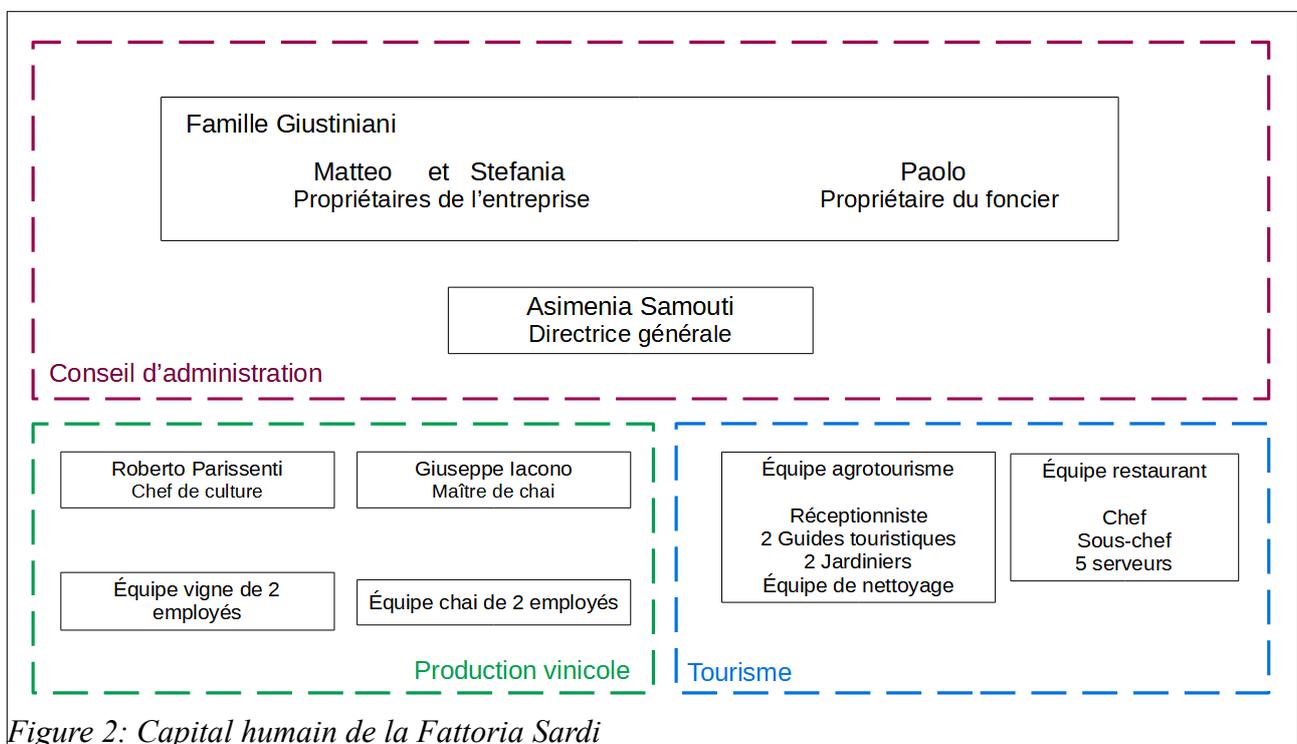


Figure 2: Capital humain de la Fattoria Sardi

La réceptionniste de l'équipe agrotourisme s'occupe de gérer les réservations pour les gîtes, de faire les check-in et check-out et d'accueillir les clients. Les deux guides touristiques animent la visite de l'exploitation une fois par jour ainsi que les dégustations.

Les gîtes de l'exploitation, 7 appartements et la villa, sont ouverts à la location du mois de mars au mois de novembre. L'équipe dédiée à l'agrotourisme est donc présente toute l'année.

Le restaurant de l'exploitation est ouvert les soirs du mercredi au samedi. Durant tout l'été, le mercredi soir a également accueilli les « Serata Soul », des petits concerts qui duraient pendant tout le service.

L'activité touristique de l'exploitation représente une part importante de la production. En effet, la Toscane étant une région très touristique, c'est une activité florissante mais qui par conséquent nécessite des adaptations.

Les différents traitements doivent donc être organisés de manière à ne pas déranger les clients : éviter les travaux bruyants le matin et le soir aux abords des gîtes, faire attention aux délais de ré-entrée dans les parcelles en période de visites, etc.

C) Un parcellaire très diversifié

L'exploitation s'étend sur plus de 45ha dont une vingtaine plantés en vigne. La famille Giustiniani, en la personne de Paolo Giustiniani, est propriétaire et loue les bâtiments et les vignes à l'entreprise, à l'exception de 4,5ha de vignes qui sont louées à deux autres propriétaires.



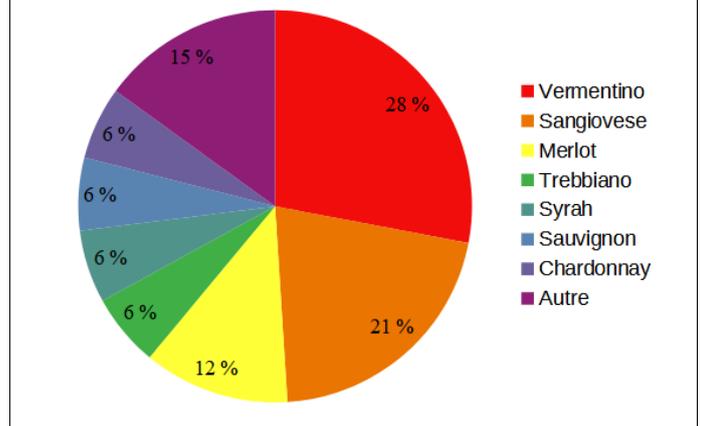
Figure 3: Carte des trois terrains de la Fattoria Sardi

Les 18,6 ha de vignes sont répartis sur 45 parcelles situées dans trois lieux différents, visibles sur la figure 3 : une majorité est voisine de la Fattoria, 1,6 ha sont à Arsina, située à quelques minutes de voiture, et 1,8 ha sont à Gragnano, situé à 30 minutes de route, en traversant Lucques. Le fait

d'avoir une majorité de la surface viticole proche de l'exploitation et sans interruption est un grand avantage pour les différents travaux des vignes. Il est également plus simple de se déplacer pour les contrôles maturité et pour la surveillance du vignoble. Le site de Gragnano dont la situation implique de traverser la ville avec du matériel viticole et en période de vendanges, des camions pleins de raisins, ne bénéficie évidemment pas de ces avantages.

L'exploitation produisant du vin depuis de nombreuses années, le parcellaire est composé de 18 cépages différents, avec des vignes âgées de 2 à 63 ans. Cette grande diversité s'explique par le changement de stratégie de plantation lors de la transmission de l'entreprise : en reprenant l'exploitation, les vignerons actuels ont souhaité planter les cépages traditionnels de la région comme le Vermentino et le Sangiovese alors qu'auparavant on plantait surtout les grands cépages français. Ce sont 5 ha qui ont été replantés selon cette philosophie au cours des dernières années.

Figure 4: Répartition du parcellaire en différents cépages



En plus des cépages majoritaires visibles dans la figure 4, on peut aussi trouver de nombreux autres cépages : Viognier, Gewurztraminer, Sémillon, Petit Manseng, Petit Verdot, Malvasia, Muscat de Hambourg, Colorino, Cabernet Sauvignon, Muscat blanc et Grechetto.

Les parcelles se situent soit sur la plaine qui a un sol meuble, limoneux-sableux avec des galets roulés utilisé pour la production du blanc soit sur les collines, plus argileuses et acides, utilisées pour la production des rouges et des rosés. Certaines parcelles sur les collines semblent manquer de vigueur pendant l'été, il serait donc intéressant de faire des analyses de sol et des pesées de bois de taille pour estimer la vigueur et pour savoir si les rendements faibles de ces parcelles viennent d'un manque d'azote du sol ou de la sécheresse de l'été.

Les cépages blancs sont greffés sur du 1103P, 110R et du SO4 et les rouges sur du 420A, 110R et 775P. Le choix des porte-greffes est adapté à la situation des sols, ils sont en effet tolérants à la sécheresse et confèrent une bonne vigueur à la vigne.

II- L'importance de l'agrotourisme dans l'activité de l'exploitation

A) L'analyse des comptes de l'entreprise traduit un renforcement de l'agrotourisme dans son activité

Auparavant entreprise individuelle agricole familiale, la Fattoria Sardi est devenue une SARL au courant du mois de juillet 2022. En effet, la nette augmentation de la production et la mise en place récente du restaurant ont créé le besoin de séparer les comptes de l'entreprise et ceux des associés. Ainsi, la nouvelle SARL, d'un capital de 2000€, appartient à Matteo Giustiniani et sa mère Stefania Guarducci. Asimonia Samouti en est la directrice générale.

Année	2019	2020	2021
Chiffre d'affaire	846 570 €	713 266 €	854 423 €
Résultat	14 315 €	- 48 232 €	11 090 €
Part des ventes de vin	89 %	89 %	78 %
Part de l'agrotourisme	10 %	10 %	21 %
Part des ventes d'huile d'olive et du marc de raisin	1 %	1 %	1 %

Figure 5: Données comptables de l'exploitation et répartition dans les différentes activités

Le tableau de la figure 5 présente les données comptables de la Fattoria. Le déficit du résultat de l'année 2019 est lié à la crise du Covid, en effet l'agrotourisme n'a pu ouvrir qu'au milieu de l'été et a donc perdu beaucoup de réservations.

Cependant, alors que les gîtes étaient rarement complets avant cette crise, le tourisme a nettement augmenté en 2021, expliquant la nette augmentation de la part de l'agrotourisme dans le chiffre d'affaire. Les gîtes étant également complets tout l'été 2022, on peut espérer une prolongation de cette tendance.

B) Les partenaires techniques : un encrage local important et un développement à l'international

L'exploitation a de nombreux partenaires techniques, les différents fournisseurs en amont de la production et les distributeurs en aval.

La figure 6 illustre ces différents fournisseurs et on constate que ceux-ci sont, pour la plupart, localisés en Toscane. Cette proximité avec les partenaires est appréciable pour la Fattoria dans la mesure où les coûts des livraisons et leur impact écologique sont diminués.

Un autre organisme important pour l'exploitation est l'ICEA, organisme certificateur du label bio. L'exploitation est contrôlée deux fois par an : un contrôle en été pour la partie viticulture et un contrôle en automne pour la partie vinifications. L'exploitation a également depuis peu le label biodynamie par BDFarmers qui effectuera un contrôle une fois par an.

L'exploitation est sur de nombreux marchés à l'étranger, en effet environ 70 % des vins sont vendus aux États Unis grâce à trois importateurs partenaires et dans le reste du monde, les livraisons répondent aux demandes des particuliers.

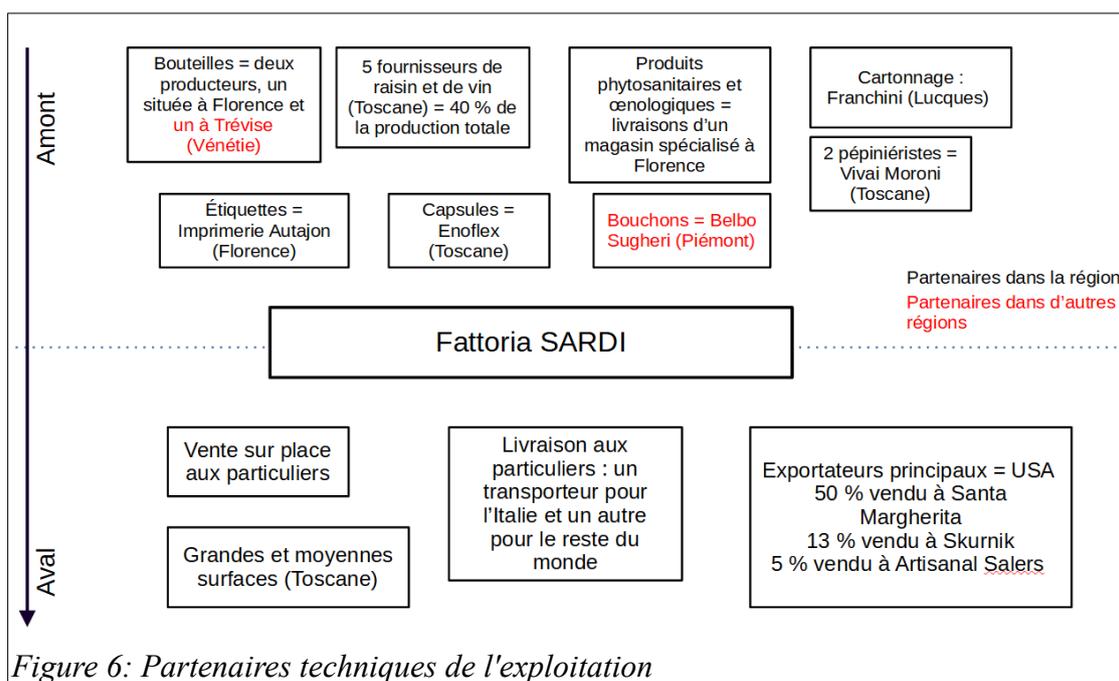


Figure 6: Partenaires techniques de l'exploitation

III- Millésime et itinéraire technique du vignoble

A) Millésime 2022, la nécessité de s'adapter à un climat inhabituel

Le millésime 2022 est caractérisé par un printemps particulièrement sec et un été chaud comme le montrent les figures 7 et 8. En effet, les précipitations depuis le début de l'année sont largement inférieures aux moyennes habituelles de la région qui sont en général élevées en avril et en mai.

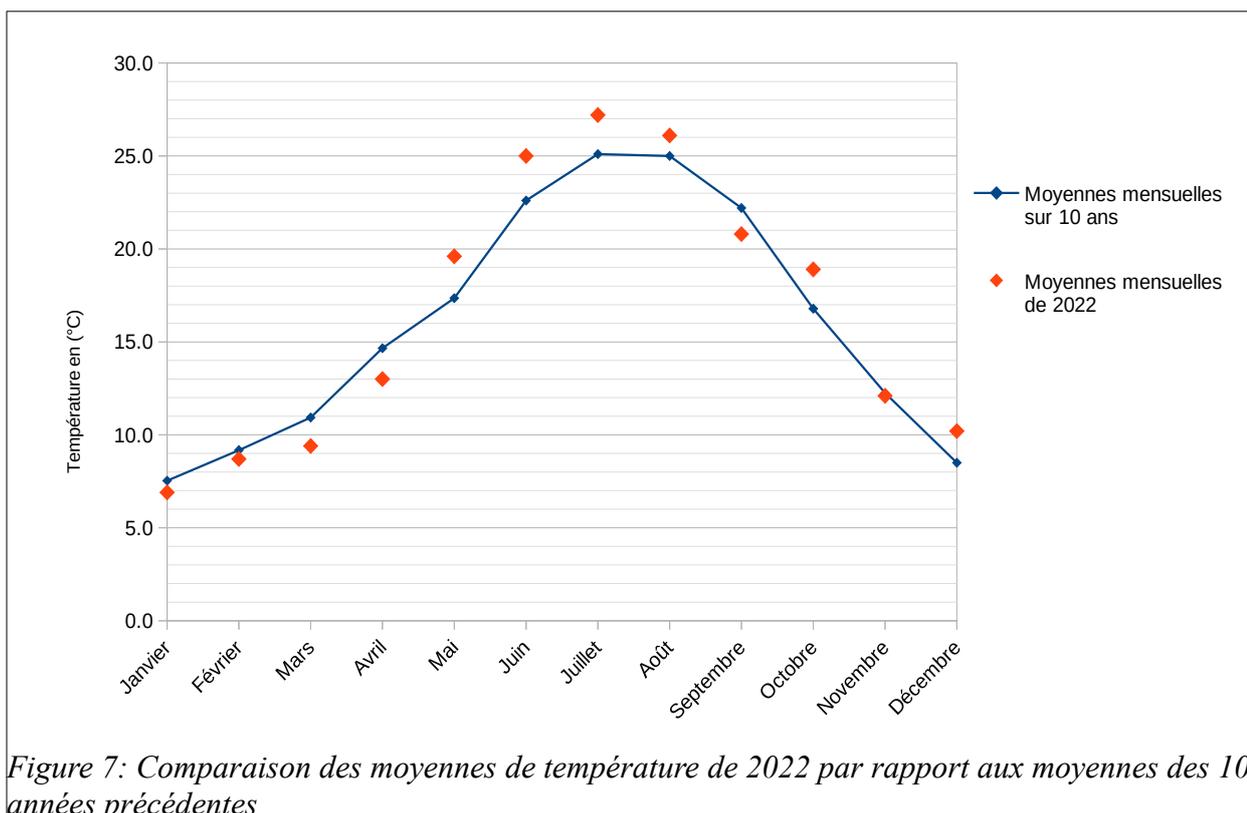


Figure 7: Comparaison des moyennes de température de 2022 par rapport aux moyennes des 10 années précédentes

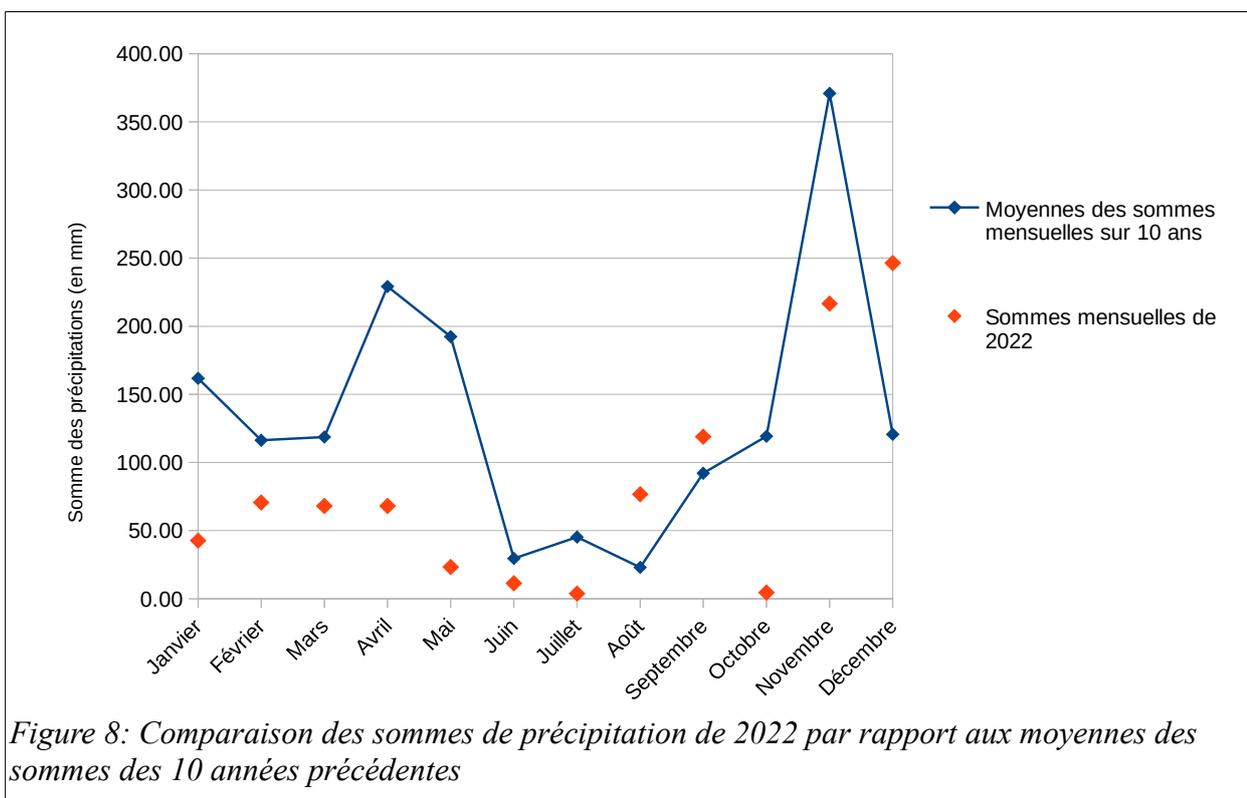


Figure 8: Comparaison des sommes de précipitation de 2022 par rapport aux moyennes des sommes des 10 années précédentes

L'état sanitaire des vignes à la fin du printemps était excellent puisqu'il n'y a pas eu de pression des maladies cryptogamiques et qu'il n'y a pas eu d'épisode gélif.

En été, les moyennes mensuelles des températures sont supérieures aux moyennes habituelles avec des pics de chaleur à 39°C au cours du mois de juillet et respectivement 5, 8 et 11 jours où la température a dépassé 35°C au cours des mois de juin, juillet et août. Cette chaleur excessive combinée à la sécheresse déjà installée dans les sols a entraîné un dessèchement des vignes et des grappes qui s'étaient formées. Craignant que les vignes bloquent totalement leur croissance à cause du manque d'eau, l'exploitation met en place l'irrigation des vignes à partir de la première semaine de juillet et jusqu'au début des vendanges la deuxième semaine d'août. L'exploitation doit alors avoir l'autorisation de la mairie pour pomper l'eau dans le canal qui longe les vignes.

La fin du mois d'août est marquée par des orages accompagnés de grosses averses. Cela n'a pas beaucoup d'incidence sur le raisin puisque les vendanges sont déjà bien entamées mais cela entraîne des adaptations au niveau de l'organisation des vendanges : protéger le raisin de la pluie, réaliser les opérations et les contrôles de maturité pendant des périodes sèches.

Les vendanges ont commencé la dernière semaine de juillet, c'est à dire avec plus de trois semaines d'avance sur les dates habituelles, et se sont déroulées jusqu'à mi-septembre. La fin du mois d'août est marquée par des orages accompagnés de grosses averses. Cela n'a pas eu d'incidence sur le raisin récolté mais on a constaté la présence d'oïdium sur du raisin provenant d'un fournisseur. Les orages ont également entraîné des adaptations au niveau de l'organisation des vendanges : protéger le raisin de la pluie, réaliser les opérations et les contrôles de maturité pendant des périodes sèches. La fin des vendanges a même été reculée à cause de la pluie.

B) Un itinéraire technique adapté au millésime

L'itinéraire technique est conçu de manière à obtenir les meilleurs raisins possibles à la fin des vendanges tout en répondant aux diverses contraintes imposées par le milieu. Dans une exploitation en agriculture biologique dont la philosophie est de diminuer au maximum les produits phytosanitaires, les mesures de prophylaxie sont très importantes. On va ainsi chercher à maîtriser la vigueur et le rendement tout en limitant la pression des maladies de la vigne.

Les travaux de taille et les travaux en vert sont réalisés manuellement et l'entretien du sol est fait mécaniquement. Dans le premier cas, ce sont les employés qui passent dans les vignes et l'exploitation fait régulièrement appel à une coopérative sociale qui propose des services d'intérim pour les travaux viticoles. Dans le second cas, ce sont les trois employés de l'équipe vigne qui manipulent les tracteurs et les équipements.

En novembre, après avoir travaillé les 30 premiers centimètres du sol un rang sur deux pour le décompacter, on effectue une pulvérisation de 500p, une préparation biodynamique à base d'eau dynamisée avec de la bouse de vache favorisant la structuration du sol et le développement des micro-organismes. Un couvert végétal est alors semé sur le rang travaillé en alternant les rangs chaque année. Ce couvert est composé de 10 espèces de plantes : triticale, avoine rouge, pois protéagineux, seigle, vesce commune, etc. Le couvert végétal est planté dans la volonté d'augmenter la teneur en azote du sol et ainsi conférer une plus grande vigueur aux vignes qui en manquent.

Les opérations de taille et de liage commencent à partir du mois de décembre et finissent en mars ou en avril pour les vignes qui ont un risque de gel au printemps. Dans ce cas de figure, les tailleurs passent deux fois, d'abord en laissant beaucoup de bourgeons puis, lorsque les risques de gel sont passés, en laissant le nombre de bourgeons définitif.

A la fin du mois de mars, on réalise également un déchaussage des jeunes plants. L'épamprage et l'ébourgeonnage sont réalisés manuellement après le débourrement, durant les mois d'avril et de mai. On enlève ainsi les bourgeons et les rameaux non souhaités comme les contre-bourgeons et les pampres non fructifères afin de limiter les entassements de végétation et de favoriser l'aération de la souche. Ces méthodes permettent de préparer la taille suivante et de limiter le développement des maladies cryptogamiques comme le mildiou ou l'oïdium.

On effectue également un premier déchaussage des vignes adultes et on profite de cette période pour travailler l'inter-rang n'ayant pas de couvert végétal et pulvériser à nouveau de la 500p. On fauche régulièrement le couvert végétal afin d'éviter l'humidité et donc de réduire la pression des maladies cryptogamiques.

En mai, on lève les sarments afin de former le palissage, on lie les jeunes vignes, et on écime les vignes si nécessaire.

Fin juin, on continue la gestion du rang en le rechaussant.

Le mois de juin voit la fin du relevage des sarments, un écimage où c'est nécessaire et un désherbage sous le rang avec une épampreuse mécanique.

La première semaine du mois de juillet, l'exploitation commence à irriguer les vignes plantées sur les pentes, les plus exposées à la sécheresse. Pour ce faire, l'eau est remontée des canaux jusqu'en haut des collines à l'aide d'un système de pompes et de tuyaux que les employés de l'équipe vigne s'occupent de positionner et de déplacer à chaque changement de parcelle. L'eau s'écoule ensuite

PARTIE ŒNOLOGIE

I- Une production entre qualité et diversité

A) Les appellations de l'exploitation

L'exploitation produit des vins de deux appellations différentes : IGT Toscana et DOC « colline lucchesi ».

L'IGT, Indicazione Geografica Tipica, est une appellation applicable dans toute la Toscane et garantit la provenance du raisin. C'est l'équivalent de l'IGP française.

La DOC, Denominazione di origine controlata, est l'équivalent de l'AOC. Elle garantit non seulement la provenance du raisin mais également le mode de production du vin ainsi que l'assemblage des différents cépages.

La figure 10 synthétise les consignes du cahier des charges des appellations de la Fattoria en matière de viticulture et de vin final.

	IGT Toscana	DOC Colline Lucchesi
Cépages	87 cépages autorisés	12 cépages mentionnés + un certain % d'autres cépages
Densité de plantation	/	> 3500 pieds/ha
Rendement max (t/ha)	< 16 (rouges/rosés), 17 (blancs)	<10
Degré alcoolique (%vol)	> 11,0 (rouges/rosés), 10,0 (blancs)	>11,0 (rouges), 10,5 (blancs) + 0,5 si monocépage

Figure 10: Synthèse du cahier des charges des appellations IGT Toscana et DOC Colline Lucchesi

Le vin blanc DOC doit contenir entre 40 et 80 % de Trebbiano, entre 10 et 60 % de Chardonnay, Greco, Grechetto, Malvasia, Sauvignon ou Vermentino, jusque 25 % d'autres cépages blancs présents dans l'exploitation.

Le vin rouge doit contenir entre 45 et 80 % de Sangiovese, entre 10 et 50 % de Canaiolo, Cilieggiolo, Merlot et Syrah. Il peut également contenir jusque 30 % d'autres cépages présents dans l'exploitation.

L'appellation autorise également les vins « monocépages » de Vermentino, de Sauvignon blanc, de Sangiovese et de Merlot à condition que le vin contienne au moins 85 % du cépage indiqué sur l'étiquette.

Tout les vins de l'exploitation sont labellisés agriculture biologique selon le cahier des charges européen mais également le cahier des charges américain (NOP) qui présente quelques différences au niveau des produits autorisés. La plupart des produits œnologiques utilisés sur l'exploitation, comme le Nutristart®ORG ou le Lafazym®CL, sont autorisés dans les deux cahiers des charges mais la stabilisation tartrique par ajout d'acide métatartrique est interdite dans le NOP. Cela nécessite donc, pour un même vin, de faire deux cuves différentes afin de respecter chaque cahier des charges.

L'exploitation a obtenu l'appellation biodynamie via l'organisme BDFarmers en 2022. Le cahier des charges indique qu'il faut avoir conduit l'exploitation en biodynamie pendant au moins trois ans avant la certification, avec des pulvérisations de préparations biodynamiques régulières.

B) La diversité des vins de la Fattoria Sardi

L'exploitation produit de nombreux vins différents, afin de correspondre à tous leurs marchés. En effet, en plus de la gamme « Fattoria Sardi », les gammes « Villa Sardi » et « Felice » sont respectivement réservées aux supermarchés toscans et à l'export pour les USA.

Les deux principaux vins de la Fattoria sont deux rosés qui diffèrent dans leur mode d'élevage. Comme on peut le voir en figure 11, le rosé Primavera est élevé en inox et le Cicale est élevé en bois. Dans les deux cas, le cépage principal du rosé est le Sangiovese qui apporte du fruité et une bonne acidité. L'appellation n'incluant pas le rosé, ces deux produits sont labellisés IGT Toscana. Ils sont tout de même très bien valorisés puisque, par exemple, le rosé Primavera était en rupture de stock dès le milieu de l'été.

L'exploitation produit également des vins blancs et des vins rouges qui diffèrent par les cépages utilisés et le mode de production. Enfin, les vins effervescents produits dans les trois couleurs à partir de cépages comme le Trebbiano pour le Pet-Nat blanc, de Trebbiano et de Muscat rouge pour le Pet-Nat rosé et de divers cépages rouges pour le rouge, rencontrent un grand succès en été, que ce soit en vente au particulier ou sur le restaurant de l'exploitation.

C'est au total une vingtaine de vins différents qui sont produits à la Fattoria Sardi. On peut pourtant regrouper leur mode de vinification en 3 grandes catégories selon le matériau utilisé pour la vinification et l'élevage : élevage inox, bois ou en amphores.

Nom du produit	Type de vin	Appellation	Assemblage	Commercialisation
11 Primavera	Rosé, élevage inox	IGT Toscana	Sangiovese, Syrah et Vermentino	Vente particulier, CHR et export
Le Cicale	Rosé, élevage bois	IGT Toscana	Sangiovese, Syrah et Vermentino	Vente particulier, CHR et export
Sotto Villa	Blanc, élevage inox	DOC	Vermentino	Vente particulier, CHR et export
Sebastiano	Rouge, élevage bois	DOC	Sangiovese, Merlot et Cabernet Sauvignon	Vente particulier, CHR et export
Vallebuia Rosso	Rouge sans sulfite, élevage inox	DOC	Sangiovese, Colorino et autres cépages rouges	Vente particulier, CHR et export
Vallebuia Bianco	Blanc sans sulfite, élevage amphore	DOC	Trebbiano, Vermentino et autres cépages blancs	Vente particulier, CHR et export
Pet-Nat Bianco	Blanc pétillant sans sulfite, élevage inox	De pays	Trebbiano	Vente particulier, CHR et export
Pet-Nat Rosé	Rosé pétillant sans sulfite, élevage inox	De pays	Trebbiano et Moscato rosso d'Amburgo	Vente particulier, CHR et export
Pet-Nat Rosso	Rouge pétillant sans sulfite, élevage inox	De pays	Sangiovese, Colorino, Canaiolo et autres cépages rouges	Vente particulier, CHR
Madonnina dell'uva	Rouge, élevage bois	DOC	Merlot	Vente particulier, CHR
Pecora Bianca	Blanc, élevage inox	DOC	Vermentino	Export
Pecora Rosa	Rosé, élevage inox	IGT	Sangiovese, Syrah, Vermentino	Export
Contessa	Rouge, élevage bois	IGT	Cabernet Sauvignon	Export
Asimonia	Blanc, élevage inox	DOC	Sauvignon blanc	Export
Villa Sardi Bianco	Blanc, élevage inox	DOC	Trebbiano, Vermentino, autres	GMS, particulier
Villa Sardi Rosso	Rouge, élevage inox	DOC	Sangiovese, Merlot, Colorino, autre	GMS et particulier
Felice Rosato	Rosé, élevage inox	IGT	Sangiovese, Vermentino, Syrah	Export USA
Felice Chardonnay	Blanc, élevage bois	IGT	Chardonnay	Export USA
Felice Sangiovese	Rouge, élevage bois	IGT	Sangiovese	Export USA

Figure 11: Type d'élevage, appellation et mode de commercialisation des vins de la Fattoria Sardi

Comme indiqué sur le tableau de la figure 11, le mode de vinification inox concerne une grande partie du vin blanc de l'exploitation, les rosés Primavera et Felice, la gamme Villa Sardi ainsi que tout les pet-nat. Dans cet itinéraire, les raisins sont, selon le profil de vin recherché, éraflés, pressés, le moût est débourbé avant le départ en fermentation après au moins une journée de décantation statique. On réalise ensuite le bâtonnage une fois par semaine pendant trois mois.

Dans le cas du Pet-Nat, une partie du moût a été conservée par congélation et est ajoutée au vin lorsqu'il a réalisé la FML, lors de la mise en bouteille. Il faut donc s'assurer que le moût décongelé a bien commencé la fermentation au moment de la mise en bouteille.

Dans le cas des vins rouges, les raisins sont éraflés, foulés (au pied ou à la main avec un outil de pigeage) et subissent une macération fermentaire en cuve ou dans des baquets en plastique. Le jus est alors écoulé et le marc pressé pour finir la fermentation en cuves.

La vinification en bois concerne le rosé Cicale (9 mois en bois), le Chardonnay et différents rouges de l'exploitation. Le raisin est éraflé et pressé le jour de la récolte. Le moût est transféré en barriques après décantation. La fermentation alcoolique et la FML se font en barriques. Une fois les fermentations terminées, les barriques sont bâtonnées une fois par semaine. On vérifie également l'influence des lies sur le vin : si après le bâtonnage le vin présente un goût amer désagréable, on peut débourber afin de ne garder que les lies fines.

Les vins rouges, comme lors de la vinification en inox, subissent une macération fermentaire en cuve avant d'être transférés dans les barriques.

Le blanc vinifié et élevé en amphore est le vin sans sulfite Vallebuia. Lorsque le raisin réservé à ce vin arrive sur l'exploitation, il est éraflé et directement transféré dans l'amphore où il va macérer, faire la fermentation alcoolique et la FML. Par la suite, on écoule le vin, on presse le marc et on remet le vin dans l'amphore préalablement nettoyée à l'eau pour l'affinage. Le vin est régulièrement dégusté et peut rester en amphore quelques mois selon l'évolution du goût.

C) Les modes de commercialisation

Comme indiqué sur la figure 11, les vins sont commercialisés dans de nombreux marchés : vente aux particuliers, vente CHR et export. La part de vin vendue aux USA représente environ 70 % de la production de l'exploitation avec trois importateurs : Santa Margherita (50%), Skurnik (13%) et Artisinnal Salers (5%). La vente se fait également dans le reste du monde avec un transporteur

spécifique à l'Italie et un transporteur monde. Il est donc possible, en tant que particulier, de commander du vin de n'importe quel pays.

Les vins sont commercialisés à des prix allant de 12 à 25€ TTC lorsqu'ils sont vendus au particulier, entre 8,90 et 14,50 € HT lorsqu'ils sont vendus en réseau CHR et entre 6 et 10\$ à l'export USA et 6 à 8€ à l'export du reste du monde.

II- Organisation et fonctionnement des chais

A) Un chai en plusieurs parties

L'exploitation possède un chai divisé en 5 parties : deux chais à cuves, un chai à barriques et deux magasins dédiés au stockage que l'on peut voir sur la photo en figure 12.



Le chai principal, le plus grand avec ses 85m², est dédié à la réception des vendanges et à une grande majorité de la vinification. Il contient 24 cuves allant de quelques hL à 105hL. Parmi ces cuves de grand volume, 5 sont en béton. Les cuves ayant les plus grands volumes sont situées dans ce premier chai et sont utilisées pour la vinification des blancs et des rosés qui représentent les plus grands volumes de vin. Les cuves moyennes et petites sont utilisées pour les rouges mais aussi les blancs et rosés minoritaires. Les petites cuves sont aussi utilisées pour récupérer les jus de fin de pressée qui sont ensuite filtrés dans le chai secondaire.

Le chai secondaire contient 21 cuves de différents volumes, le maximum étant 27hL, ainsi qu'une zone « laboratoire » dédiée aux analyses. Ces cuves servent également à la vinification, notamment lorsqu'il faut libérer une cuve du chai principal pour continuer les vendanges. C'est dans ce chai secondaire que les bourbes et les jus de fin de pressée sont filtrés sur un filtre presse.

Le chai à barriques, séparé en deux pièces juxtaposées, sert à la fermentation de certains vins en barrique ainsi qu'à l'élevage. La première pièce est plutôt dédiée à la fermentation et à l'élevage des vins blancs et rosés et la seconde plutôt dédiée à l'élevage des rouges. Les deux amphores de l'exploitation sont dans le chai à barrique.

Deux pièces climatisées servent de magasin pour étiqueter et encarter les bouteilles de vin, les stocker et préparer les commandes. Ces pièces peuvent également être utilisées pendant les vendanges pour certaines fermentations en barrique ou encore pour la macération fermentaire des vins rouges qui se fait dans des baquets en plastique.

Les premiers bâtiments de la Fattoria Sardi comme le chai principal datent du début du 20^{ème} siècle et n'ont pas été conçus à l'origine pour une utilisation viticole. Cela crée des contraintes pour l'organisation du chai. En effet l'éclatement du chai en 5 parties et le manque de place présentent un vrai défi chaque année. Les moûts sont régulièrement transvasés d'une cuve à l'autre, nécessitant du temps pour réaliser le changement et pour nettoyer la cuve précédente.

B) Matériel

L'exploitation comporte au total 45 cuves (avec un volume total d'environ 1 500hL), dont 9 cuves béton et le reste en inox, qui vont de quelques hL à 105hL. Le revêtement époxydique à l'intérieur des cuves béton est refait régulièrement, lorsque le maître de chai constate des trous ou des rayures. L'exploitation possède également deux amphores depuis 2020, utilisées pour l'élaboration d'un vin sans sulfite.

Toutes les cuves inox sont équipées d'un système de régulation de la température à l'aide d'un

échangeur thermique interne, relié à un tableau de contrôle. On peut également oxygéner les vins à l'aide d'un micro-oxygénateur à 5 sorties.

Les presses, deux Bucher Vaslin à membrane Xplus 40 et Xplus 40 ICS de 40hL et une plus petite presse à membrane de 20,5hL, sont stockées en extérieur sous une pergola et totalement cellophanées en dehors de la période des vendanges.

L'exploitation possède quatre pompes, utilisées pour des situations différentes. La plus ancienne pompe de la Fattoria est une pompe à trémie permettant de transporter les raisins éraflés dans les presses. Une pompe à vis excentrée est utilisée pour le transfert des vins blancs et rosés. En effet, son mode d'alimentation continu et sans à-coup permet de limiter au maximum l'oxydation des jus. Une pompe péristaltique, au débit plus important, est utilisée pour les transferts des vins rouges. La plus récente pompe de la Fattoria est une pompe à rotor, ayant un débit élevé (jusque 145hL/h).

L'exploitation utilise des barriques de 225L (environ cinquante), des tonneaux de 450L (une quinzaine), cinq foudres de 20hL et deux foudres de 15hL du tonnelier Italien Mittelberger. Les barriques sont achetées neuves environ tout les 3 ans. La Fattoria n'achète que du chêne français car après avoir fait des essais, ils ont conclu que les arômes boisés apportés par le chêne américain n'étaient pas ceux recherchés pour les vin de l'exploitation.

C) Hygiène

Les cuves sont nettoyées avant et après utilisation à la soude caustique pour supprimer les cristaux tartriques et les dépôts organiques. De l'eau additionnée d'acide citrique est ensuite passée en complément pour retirer les restes éventuels de soude. On désinfecte ensuite les cuves avec de l'eau à 70-80°C à l'aide d'un nettoyeur à haute pression (de marque Karcher).

Lorsque l'on suspecte la présence de Brettanomyces dans une cuve on peut également ajouter une étape de nettoyage avec du soufre.

Les amphores sont simplement nettoyées à l'eau chaude.

Les barriques sont également nettoyées à l'aide du karcher branché à un embout rotatif. On passe d'abord de l'eau chaude pendant une quinzaine de minutes puis immédiatement de l'eau froide. Lorsqu'elles sont sèches, on brûle un disque de soufre afin d'éliminer les micro-organismes et conserver les barriques jusqu'à leur prochaine utilisation. Les barriques ne sont jamais inutilisées pendant plus de 6 mois donc on ne remet pas de disque de soufre. Les vinifications et l'élevage sont

organisés de manière à ne pas utiliser une barrique ayant servi pour du rouge pour la vinification d'un vin blanc. Les barriques n'ont donc pas besoin de tremper pendant plusieurs heures dans l'eau.

Le matériel utilisé pendant les vendanges, comme l'érafloir ou le convoyeur, est nettoyé à l'eau et rangé chaque soir de vendange. Une fois les vendanges terminées, les parties en inox sont nettoyées avec une solution de chlore afin d'enlever la couleur qui s'est installée au cours de la vendange.

III- De la vendange à la mise en bouteille

A) Suivi de la maturité et décision de la date de vendange

Les contrôles de maturité sont nécessaires à partir de la véraison pour déterminer la date de vendange. Du point de vue de la maturité technologique des raisins, on cherche à obtenir un TAVP variant de 12 à 13%vol potentiel pour les vins rouges à moins de 10 à 12%vol pour les vins blancs. On doit également tenir compte du pH, situé entre 3,10 et 3,30 pour les raisins destinés aux blancs et aux rosés, et de l'acidité totale, entre 2,7 et 4 g/L (H₂SO₄). La maturité phénologique des raisins noirs est contrôlée par le maître de chai à partir du moment où les analyses de maturité technologique sont satisfaisantes. Il se rend alors sur les parcelles concernées pour estimer la couleur des peaux, goûter les raisins et surtout les pépins. La qualité sanitaire des raisins est également prise en compte, on surveille ainsi que le botrytis, l'oïdium et mildiou ne s'installent pas sur les raisins et on adapte la récolte à ces contraintes.

Dans les années particulièrement chaudes et sèches, il faut également tenir compte de l'état de dessèchement des baies.

En 2022, la véraison ayant eu lieu la troisième semaine de juillet, les contrôles maturité ont débuté dès la première semaine d'août. Les parcelles contrôlées en premier sont celles qui ont la maturité la plus précoce, il est donc nécessaire de bien les connaître.

On prélève des raisins dans chaque parcelle selon un schéma précis pour obtenir la meilleure représentation possible de la parcelle.

Le schéma est le suivant : on prélève à l'aide de sacs de congélation, tous les deux inter-rang, des raisins sur un pied de chacun des rangs tous les 10m environ. On prend à chaque pied une grappe au début, au milieu ou en fin de sarment, on prélève alors un ou deux raisins en haut, en bas et au milieu de la grappe.

Les raisins sont ensuite rapportés dans la partie laboratoire du chai, pressés à la main dans leur sac, filtrés grossièrement puis analysés. On mesure ainsi la densité du moût avec un densimètre et on obtient, en corrigeant la température, le taux d'alcool potentiel. On mesure également, à l'aide d'un

pH-mètre, le pH du moût et son acidité totale en le titrant avec NaOH en présence de bleu de bromothymol. L'acidité totale est calculée en g/L d'acide tartrique.

Suite aux suivis maturité et à l'évaluation de l'état des raisins, on décide de commencer à récolter les premières parcelles le 8 août, c'est à dire avec presque un mois d'avance par rapport aux dates habituelles. Cependant, la grande majorité du vignoble a été vendangée plus tard, entre fin août et début septembre.

En effet, à cause de la chaleur et de la sécheresse, certaines vignes commençaient à vraiment se dégrader, les raisins à brûler et à rétrécir. Il a donc été décidé de récolter les raisins qui souffraient le plus pour en faire une base de rosé de qualité moyenne.

B) Réception des vendanges et pressurage

Récolte

Les vendangeurs récoltent les grappes à la main et les déposent dans des caisses d'une capacité de 15 à 16kg de raisin. Ces caisses sont ensuite chargées sur une remorque ou dans un van et sont apportées au premier chai pour être comptabilisées et pesées. Il arrive que les caisses soient stockées dans l'un des deux magasins climatisés dans l'attente du reste de la vendange ou, dans le cas de 2022, dans l'attente d'une météo favorable au travail des raisins.

La réception vendange est constituée d'un tapis convoyeur mobile qui monte la vendange dans l'érafloir relié soit à la pompe trémie qui envoie le raisin dans la presse soit directement à un baquet de macération fermentaire.

Eraflage

Les raisins sont pour la plupart éraflés à l'aide d'un érafloir rotatif avant d'être transférés dans une presse à membrane pour les raisins destinés aux vins blancs et rosés ou dans une cuve ou un baquet dans le cas des raisins destinés à un vin rouge.

L'éraflage permet de diminuer le volume de la vendange et donc de mettre plus de raisins dans la presse. Cependant lorsque les raisins sont assez gros et que l'on souhaite limiter au maximum leur oxydation, on peut les mettre entiers dans la presse, cela permet en effet de limiter leur trituration et de fixer une partie des protéines du raisin par les tanins des rafles.

Les moûts sont protégés de l'oxydation au cours de l'éraflage et du pressurage grâce à l'utilisation de glace carbonique.

Pressurage

Le programme de pressurage est constitué de plusieurs cycles comportant chacun des montées en pression par paliers de 0,2 bars. Pour les trois premiers cycles la presse monte jusque 0,8bars puis la

pression redescend et un rebêchage se fait. Les trois cycles suivants, la presse monte jusque 1,4 bars.

On mesure le pH du moût afin de suivre sa qualité et de déterminer le moment de changer de cuve pour faire la séparation entre le jus de première pressée « Fiore » et le jus de fin de pressée « Pressati ».

Les moûts sont ensuite installés dans les cuves selon le volume de moût attendu et les capacités de stockage du moment. On ajoute alors, dans les cuves destinées au blanc et au rosé, 5g/hL de SO₂ liquide et 1g/hL d'enzymes pectolytiques Lafazym®CL pour favoriser l'hydrolyse des pectines du raisin et donc la clarification. Les moûts rouges ne sont pas sulfités avant la fermentation alcoolique.

Le moût des baquets est récupéré avant la fin de la FA, lorsque le maître de chai considère que la couleur a été suffisamment extraite, et est mis en cuve, c'est le jus de goutte. Le chapeau est pressé dans le petit pressoir pneumatique dont la chambre de presse est ouverte, avec un cycle de pressurage plus court pour éviter l'oxydation et le triturage. Cela donne le jus de presse.

Décantation statique

Au bout de 36 heures de décantation, les bourbes sont séparées du moût, la turbidité de ce dernier étant estimée à l'œil (autour de 200NTU). Le moût est placé en cuve (ou en barriques selon le mode de fermentation) pour débiter la fermentation alcoolique.

Les bourbes sont par la suite filtrées sur un filtre presse pour récupérer un maximum de moût. Ce moût filtré peut être ajouté à des moûts destinés à des vins de moindre qualité ou pour augmenter la teneur en éléments nutritifs des levures et favoriser la fermentation.

C) Vinifications

Mise en cuve

Les différents cépages sont mis en cuve séparément afin d'avoir plus de possibilités au moment de l'assemblage. Le choix des cuves se fait selon le volume attendu de jus et selon le type de vin envisagé : les raisins blancs et les raisins noirs réservés aux rosés (Sangiovese, Syrah) sont mis en cuve inox et les raisins noirs destinés aux rouges comme le Merlot ou le Petit Verdot sont mis en cuve ou en baquet. Certains cépages destinées à faire du vin rouge comme le Colorino sont pressés directement après l'éraflage car ils ont une intensité colorante suffisante sans extraction. Une partie du raisin Trebbiano est placée avant pressurage en amphore pour réaliser le blanc sans sulfite.

Le Chardonnay réservé pour le vin blanc Felice est vinifié en barrique.

Début de la fermentation alcoolique

Dans le cadre de la vinification en biodynamie, la fermentation spontanée est privilégiée. Lorsque la FA peine à démarrer, on peut ensemercer à l'aide d'un pied de cuve, c'est à dire du moût déjà en cours de fermentation. En 2022, toutes les fermentations ont démarré sans problème, il n'y a donc pas eu utilisation de pied de cuve.

Ajout d'azote

Après la décantation statique, l'azote assimilable du moût est analysé à l'aide d'un kit enzymatique fonctionnant avec un mini spectrophotomètre Smart Analysis de la marque italienne DNA Phone. Si le taux d'azote assimilable est inférieur à 130mg/L on le complète à 180mg/L avec du Thiazote (azote inorganique) ou du Nutristart (azote organique).

Contrôle de la température

La température, contrôlée dans les cuves grâce à des échangeurs thermiques drapeau, est maintenue à 20 °C au cours de la fermentation. La température des barriques et des baquets de macération n'est contrôlée que par la climatisation de la pièce, les moûts peuvent donc monter rapidement à 30°C lorsque les fermentations sont rapides et cela peut poser des problèmes d'acidité volatile ou de fermentations languissantes, le suivi de ces contenants est donc particulièrement important pour prévenir tout problème. Une fois la fermentation terminée, la température redescend entre 15 et 18°C.

Remontage /Pigeage

Les opérations de remontage des vins rouges sont réalisées régulièrement dans les cuves à l'aide d'une pompe externe. Il est alors possible de laisser s'écouler le vin dans un bac en inox pour faire un remontage à l'air ou de brancher directement la pompe sur la cuve pour faire le remontage en circuit fermé.

Le pigeage s'effectue également à l'aide d'un outil de pigeage en inox dans les cuves et dans les baquets ou en faisant buller de l'azote au fond de la cuve pour casser le chapeau de marc. Le pigeage est réalisé quotidiennement jusqu'à ce que l'extraction de la couleur soit jugée satisfaisante. La conduite des remontages et des pigeages nécessite de l'attention puisque la Fattoria Sardi souhaite faire des rouges plutôt légers et pas trop tanniques. Il ne faut donc pas abuser de l'extraction et c'est pour la même raison que la durée de macération fermentaire est relativement courte.

Oxygénation

Les vins sont oxygénés au cours des fermentations à des teneurs variant entre 5mg/L/jour en macro-oxygénation et 3mg/L/mois en micro-oxygénation. L'oxygénateur est branché directement sur les cuves qui sont équipées d'un diffuseur intégré.

L'oxygénation est réalisée pour les rouges en cours de fermentation et pendant le début de l'élevage. Dans le cas des blancs, l'oxygénation est utilisée en début de FA pendant la phase de croissance des levures et lorsque l'on détecte des odeurs de réduction. Dans ce dernier cas, on peut également réaliser un remontage à l'air pour maximiser l'aération.

Dégustation

Le maître de chai déguste les vins en cours de fermentation tous les jours pour s'assurer de la bonne évolution des arômes et prévenir les arômes de réduction. Il peut ainsi ajuster l'oxygénation des vins.

Suivi des densités

On mesure chaque jour la densité et la température de toutes les cuves afin de surveiller l'évolution de la fermentation. Cela permet d'anticiper les fermentations languissantes et de visualiser les fins de fermentation. Ainsi, lorsque la densité est autour de 0,990 et n'évolue plus, on effectue une analyse des sucres résiduels grâce au kit Smart Analysis. Si les sucres résiduels sont inférieurs à 1g/L on considère que la fermentation est terminée.

Lorsque la fermentation ralentit trop tôt on analyse également l'acidité volatile du vin afin de surveiller que celle-ci n'augmente pas trop (inférieure à 0,5g/L d'acide acétique), on peut alors ajouter des écorces de levure pour stimuler la fermentation.

En cas d'arrêt de fermentation, on la relance en réalisant un pied de cuve avec des levures bio Actiflore BO213.

Conduite de la fermentation malolactique

A la fin de la FA, une partie des vins rouges est mise en barriques bordelaises et l'autre en tonneaux de 450L pour réaliser la FML. En effet, la capacité du chai ne permettant pas de mettre tous les vins rouges en barrique, on privilégie la FML barrique des vins destinés au vin de garde de l'exploitation : le Sebastiano.

Tout comme la FA, la FML démarre de façon spontanée et peut être lancée en cas de retard important. Il n'y a pas eu besoin d'ensemencer les vins en bactéries lactiques en 2022. Le Chardonnay élevé en barrique réalise également la FML en barrique.

On suit la FML avec le kit enzymatique Smart Analysis et on considère qu'elle est terminée lorsque

le taux d'acide malique est inférieur à 0,5g/L. On peut alors sulfiter le vin et commencer son élevage.

Les vins blancs élevés en inox de l'exploitation ne réalisent pas la FML.

D) Élevage

Durée d'élevage

Le vin de garde « Sebastiano » est élevé 12 mois en barriques. Le rosé Cicale est gardé 9 mois en foudres et le Chardonnay Felice ainsi que le Merlot « Madonnina dell'uva » sont gardés 6 mois en barrique.

Bâtonnage

Le bâtonnage est réalisé sur les blancs et les rosés à l'aide d'une tige en inox dans les barriques et, dans le cas des cuves, soit en mettant un tube d'azote au fond des lies soit avec un long bâton en inox.

Dégustation

Le maître de chai fait le tour des vins en cours d'élevage au minimum une fois par semaine et une dégustation avec tous les œnologues de l'exploitation est également organisée deux fois par an.

Mesure du SO₂ actif

La mesure du SO₂ actif se fait tous les trois mois sur l'exploitation par la méthode de Franz Paul et une mesure est également faite par le laboratoire avant la mise en bouteille.

Stabilisation et mise en bouteille

Les vins de l'exploitation subissent une stabilisation tartrique, protéique et microbienne avant la mise en bouteille. La stabilisation protéique est réalisée par un collage à la bentonite et la stabilisation tartrique est réalisée, lorsque les tests laboratoires indiquent un risque de précipitation tartrique, soit par ajout d'acide métatartrique au vin dans le cas des vins destinés à l'Europe soit par stabulation à froid dans le cas des vins destinés au marché américain.

La stabilisation microbienne se fait grâce à un sulfitage à hauteur de 50 mg/L de SO₂ total pour les rouges et 80-85 mg/L de SO₂ total pour les rouges de garde, les blancs et les rosés.

Le rosé, en raison de l'importance de sa couleur, suit un traitement spécifique de clarification. En effet, la Fattoria fait tout ses rosés avec des raisins noirs pressés directement après la vendange et vise une couleur rose clair. La couleur est en partie maîtrisée au moment du pressurage, on essaie toujours de garder les jus de goutte les plus clairs pour le rosé mais selon les années il y a tout

même une nécessité de coller le vin. On colle alors le rosé avec de la bentonite mais également de la végécolle. Des tests de collage sont réalisés pour savoir la dose de colle à utiliser. Une fois la colle ajoutée au vin, on agite celui-ci à l'aide d'un agitateur horizontal que l'on branche dans la cuve et on laisse reposer. Le vin est ensuite passé sur le filtre presse.

Les vins sont ensuite conservés en cuve jusqu'à la mise en bouteille qui est réalisée par un prestataire. Les premières mises en bouteilles sont celles du Pet-Nat qui doit réaliser sa refermentation en bouteille, elles sont réalisées dès le mois de novembre.

PARTIE EXPÉRIMENTATION

I- Introduction

A) Contexte

Plusieurs parcelles de la Fattoria Sardi donnent régulièrement des moûts en carence azotée. Dans la mesure où le taux d'azote assimilable du moût est primordial pour le bon déroulement des fermentations, on cherche à l'augmenter tout en restant dans le cadre de la biodynamie.

Puisque l'ajout d'azote dans le moût est interdit en biodynamie, on cherche à augmenter le taux d'azote au niveau des vignes. On peut donc fertiliser les plantes en ajoutant des amendements organiques mais cela risquerait d'entraîner une augmentation de la vigueur non désirée.

Notre objectif est donc d'augmenter le taux d'azote des raisins sans trop modifier le métabolisme de la plante. La fertilisation foliaire apparaît alors comme une solution intéressante à ce problème. Le problème reste cependant que les fertilisants foliaires du commerce ne sont pas en adéquation avec le mode de conduite en biodynamie. L'alternative serait donc de pulvériser des préparations biodynamiques à base d'ortie censées augmenter le taux d'azote de la plante à la manière d'un fertilisant foliaire classique.

Nous allons donc mettre en place une parcelle avec plusieurs modalités de fertilisation foliaire afin d'en observer l'effet sur la plante, le taux d'azote des moûts et la fermentation alcoolique.

B) Bibliographie

Le taux d'azote des moûts de raisin est un facteur majeur dans le bon déroulement de la fermentation alcoolique. En effet, il intervient dans le métabolisme des levures et dans la composition de leurs protéines. Les levures ne peuvent consommer l'azote que sous certaines formes : ion ammonium ou acides aminés qu'on appelle l'azote assimilable. On considère que le

moût est carencé lorsque son taux d'azote assimilable est inférieur à 140mg/L (Bély 1990). On s'expose alors à des risques de fermentations languissantes et d'augmentation de l'acidité volatile (Bély, Rinaldi, Dubourdiou 2003).

Selon une étude menée par Dufourcq et al sur la fertilisation foliaire, la pulvérisation de produit sur les feuilles à véraison ferait augmenter sensiblement le taux d'azote assimilable des moûts sans modifier les équilibres de la plante. Cette augmentation est néanmoins très variable et dépend de nombreux facteurs comme les conditions climatiques ou la formulation du produit. (Dufourcq et al. 2011)

L'étude menée entre 2016 et 2018 par Tian et al comparant l'ajout d'azote par fertilisation du sol et la fertilisation foliaire confirme que cette dernière permet d'augmenter l'azote assimilable des moûts sans augmenter la vigueur ou le rendement. Cette hausse de l'azote assimilable est cependant moins importante qu'avec la fertilisation au niveau du sol. (Tian et al. 2022)

L'étude publiée par Verdenal et al confirme que la fertilisation foliaire à véraison est plus efficace que pendant la floraison. (Verdenal et al. 2015)

La fertilisation foliaire avec des produits biologiques (à base d'extraits de plantes ou de protéines animales), bien que n'ayant pas une absorption aussi facilitée qu'avec les produits à base d'urée, permet également d'augmenter le taux d'azote assimilable des moûts mais il faut faire attention aux risques de brûlure de la plante qui peuvent être importants en cas de forte chaleur. (Geffroy, Dufourcq 2010)

Le fertilisant foliaire utilisé en biodynamie est le macérat d'ortie. En effet, riche en azote, en magnésium, en fer et en phosphate, le purin d'ortie favorise le développement de la plante. La plante (Delahaye 2015) On conseille cependant de toujours utiliser le purin d'ortie dilué, car pur il a un effet désherbant.

II- Matériel et méthode

A) Parcelle d'étude

La parcelle d'étude, « Sotto villa », d'une surface légèrement supérieure à 1ha, est plantée en Vermentino. Elle se situe dans une zone en légère pente, en bas d'une colline, où le sol est limono-sableux. Du fait de sa position, elle souffre nettement

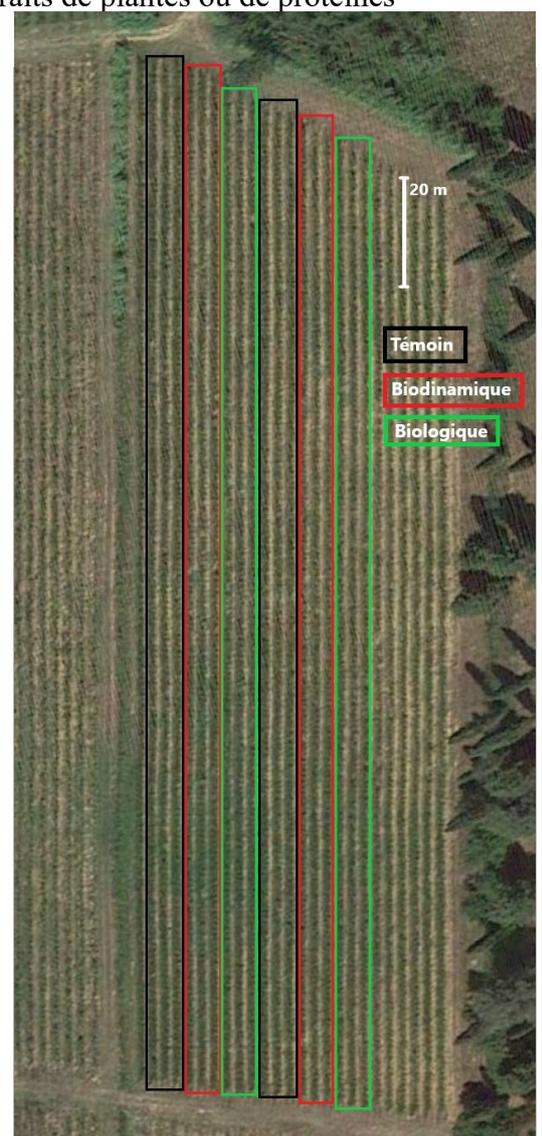


Figure 13: Schéma de l'expérience

moins de la chaleur et de la sécheresse que le reste du vignoble. Elle a cependant été irriguée à la fin du mois de juillet car la sécheresse commençait à affecter les vignes.

On écarte les premier et derniers rangs de l'expérimentation pour éviter les effets de bord et on alterne les modalités tout les trois rangs de manière à avoir deux fois trois rangs pour chaque modalité (voir la figure 13) avec, par conséquent, un total de 18 rangs.

B) Présentation des modalités

L'expérimentation comporte trois modalités : une modalité témoin, une modalité biologique et une modalité biodynamique.

Témoin : même conduite que pour le reste de l'exploitation.

Biologique : pulvérisation de Trainer, un produit de fertilisation foliaire à base de protéines végétales hydrolysées, vendu par la société Italtollina.

Biodynamique : pulvérisation d'une préparation biodynamique à base d'ortie (504) et de macérat d'ortie.

Le macérat d'ortie est le liquide obtenu après infusion d'un kilo d'orties fraîches dans 10L d'eau pendant au moins 3 semaines. La 504 est une préparation d'eau dynamisée avec du macérat d'ortie pendant une heure.

Le macérat d'ortie et la 504 sont pulvérisés au niveau des feuilles, avec 1,5L de macérat pour 10L d'eau.

Lors de l'expérimentation, les traitements ont été réalisés au pulvérisateur à dos qui était plus adapté à la surface traitée et qui permettait également d'être plus précis et donc de bien séparer les modalités. Cependant, le calcul utilisé dans l'analyse technico-économique de l'expérimentation est basé sur un traitement au pulvérisateur qui serait plus adapté à plus grande échelle.

Comme indiqué dans la figure 14, les traitements ont été pulvérisés au stade de la nouaison et avant véraison. Selon la littérature, les fertilisations foliaires sont plus efficaces lorsqu'elles sont faite en encadrement de la véraison. Cependant, dans la mesure où les fertilisants biologiques peuvent brûler la plante en cas de grande chaleur et au vu des températures prévues au moment de la véraison, nous avons préféré ne pas pulvériser à cette période.

Stade phénologique	Nouaison	Grappes formées	Avant véraison
Date	07/06/22	22/06/22	11/07/22
Témoin	/	501	/
Biologique	Trainer	501	Trainer
Biodynamique	Macérat d'ortie	501	Macérat d'ortie+504

Figure 14: Traitements de l'expérimentation

C) Vendanges

Pour décider de la date de vendange nous faisons les mêmes suivis de maturité que pour le reste de l'exploitation : densité, taux d'alcool volumique potentiel, pH et acidité totale.

Les raisins ont atteint une maturité satisfaisante au début du mois de septembre et nous avons vendangé le 5 décembre. Les rendements obtenus sont indiqués dans la figure 15 :

Modalité	Nombre de caisses	Poids de raisins (quintaux)	Volume Sgrondo (hL)	Volume Fiore (hL)
Témoin	198	29,5	13	5,5
Biodynamique	179	27,0	12	5,5
Biologique	114	20,0	8	4

Figure 15: Rendements de la parcelle d'expérimentation

Chaque modalité a été récoltée et pressée séparément selon les modalités de pressurage suivantes :

- on récupère d'abord le « sgrondo », jus écoulé sans qu'aucune pression ne soit imposée (jus de goutte).
- la presse fait alors trois cycles de montée en pression avec des paliers à 0,2-0,4-0,6-0,8 bars sans jamais redescendre au cours du cycle. Le jus récolté à ces pressions est le « fiore ».
- la presse fait à nouveau trois cycles en augmentant encore la pression par paliers de 0,2 jusque 1,4 bars. Le jus restant est le jus de presse « pressati ».

Les jus de presse ne sont pas intégrés à l'expérimentation et sont mis dans la même cuve, il seront utilisés pour rallonger le pied de cuve. On obtient ainsi deux cuves par modalité et donc 6 sous-modalités : Sgrondo et Fiore Biologiques, Sgrondo et Fiore Biodynamiques et Sgrondo et Fiore Témoins.

Tout les moûts reçoivent 5g/hL de SO₂ et 1g/hL de Lafazym CL, préparation d'enzymes purifiées permettant de faciliter la sédimentation des bourbes.

Les moûts sont décantés toute la nuit et transvasés en barriques le lendemain matin (06/09). On réalise deux barriques par sous modalité, donc un total de 12 barriques. Chaque barrique reçoit la même quantité de moût (environ 200L) grâce à un système de marqueur.

D) Vinifications

Préparation du pied de cuve :

Puisque l'on souhaite ensemencher les barriques avec un même pied de cuve rapidement après la mise en barrique des moûts nous avons commencé à le préparer dès le 3 septembre.

Nous avons donc récolté plusieurs caisses d'un Vermentino d'une autre parcelle que la parcelle d'étude et l'avons foulé au pied dans un baquet. Nous avons ajouté environ 1g/hL de SO₂ afin de limiter les levures non-saccharomyces. La densité du pied de cuve après foulage était de 1073,3. Nous avons repris la densité deux et quatre jours plus tard jusqu'à constatation d'une baisse de densité et donc d'une activité fermentaire. Le 7 septembre, lorsque l'activité fermentaire est lancée, nous filtrons grossièrement le pied de cuve de manière à retirer les pellicules et les pépins puis nous ajoutons 15L du jus de presse au pied de cuve afin d'avoir assez de volume pour ensemencher les 12 barriques de l'expérimentation.

Ensemencement des barriques :

Les barriques sont ensemenchées le 8 septembre avec 3L de pied de cuve chacune. Au bout d'une heure on prend la densité des barriques qu'on considère comme la densité de départ de la fermentation.

Remontage à l'air :

Le 10 et le 13 septembre on réalise un remontage à l'air de toutes les barriques pour aérer les levures qui sont en plein développement. Pour ce faire on pompe environ 70L de vin de la barrique vers un baquet de 100L puis on le remet dans la barrique en agitant le plus possible le vin dans le baquet. On pratique ainsi le remontage d'environ 35 % du volume de vin total.

Mesures quotidiennes et comptage des levures :

Les mesures de densité et de température sont effectuées quotidiennement afin de suivre l'évolution des fermentations. De plus, un comptage des populations levuriennes sur cellule de Thoma est effectué tout les trois jours pour estimer la quantité de levures présentes et leur taux de viabilité. Lorsque la densité approche 0,990, on réalise des analyses enzymatiques des sucres réducteurs afin de savoir si la fermentation est terminée.

E) Analyses

Mesures quotidiennes et comptage des levures :

Les mesures de densité et de température sont effectuées quotidiennement afin de suivre l'évolution des fermentations. De plus, un comptage des populations levuriennes sur cellule de Thoma est effectué tout les trois jours pour estimer la quantité de levures présentes et leur taux de viabilité.

Pour faire ce comptage, on prélève du moût au même niveau dans la barrique à l'aide d'une pipette de 250mL. Ce moût est ensuite dilué et mélangé à du bleu de méthylène pour pouvoir distinguer les cellules vivantes des cellules mortes.

Analyses d'azote au laboratoire :

Une analyse de l'azote assimilable (ammoniacal et alpha-aminé) est faite sur chaque sous-modalité dès la fin des pressurages (avant fermentation) et à la fin des fermentations.

Les incertitudes données par le laboratoire pour les différentes analyses d'azote sont de $\pm 2,1$ mg/L pour l'azote alpha-aminé, $\pm 2,4$ mg/L pour l'azote ammoniacal et donc $\pm 4,5$ mg/L pour l'azote assimilable.

Dégustation triangulaire :

On a réalisé une dégustation triangulaire sur toutes les modalités afin de savoir s'il y avait une différence significative au niveau sensoriel.

Nous avons 12 dégustateurs, nombre insuffisant pour tirer de vraies conclusions de cette dégustation.

III- Résultats et discussion

	Densité	TAVP (%vol)	pH	AT (g/L tartrique)
13/08/22				
Témoin A	1076	10.30	3.16	6.37
Témoin B	1073	9.80	3.24	6.37
Bio A	1080	10.90	3.19	6.52
Bio B	1079	10.70	3.19	6.45
Biody A	1077	10.40	3.30	6.60
Biody B	1071	9.50	3.33	6.97
22/08/22				
Témoin	1073	9.80	3.38	5.77
Bio	1081	11.00	3.38	5.70
Biody	1076	10.30	3.39	6.37
05/09/22				
Témoin	1084	11.50	3.49	4.50
Bio	1096	13.30	3.47	5.17
Biody	1092	12.40	3.44	5.17

Figure 16: Contrôles de maturité de la parcelle d'expérimentation

A) Contrôles de maturité et homogénéité de la parcelle

La figure 16 présente les résultats des contrôles de maturité de la parcelle d'expérimentation. Le 13 août, les deux rangées de chaque modalité ont été récoltées séparément afin de se donner une idée de l'homogénéité de la parcelle. On constate ainsi des différences de maturité du point de vue du taux de sucre au sein des modalités. Les différences de pH et d'acidité tartrique ne sont pas significatives. On peut tout de même douter de l'homogénéité au sein d'une modalité.

B) Les mesures d'azote assimilable

Les figures 17 et 18 présentent les résultats des analyses d'azote assimilable, ammoniacal et alpha-aminé avant et après la fermentation. Les barres d'erreurs correspondent à l'incertitude de mesure communiquée par le laboratoire. Les données brutes des analyses d'azote sont disponibles en annexe 6.

On constate que l'azote assimilable total est plus important dans la modalité biodynamique, de l'ordre d'une dizaine de mg/L. Bien que cette différence soit significative du point de vue de l'incertitude de mesure, elle reste néanmoins très faible. Il n'y a pas de différence significative entre les modalités témoin et biologique.

On retrouve la différence entre la modalité biodynamique et les autres modalités après la fermentation alcoolique mais de manière atténuée. Cette différence pourrait être due au fait que les échantillons ont tous été pris lorsque toutes les barriques ont terminé leur fermentation. Les modalités biodynamiques ayant fini la fermentation plus tôt, les levures auraient déjà pu commencer à s'autolysier et donc à relâcher de l'azote assimilable dans le vin.

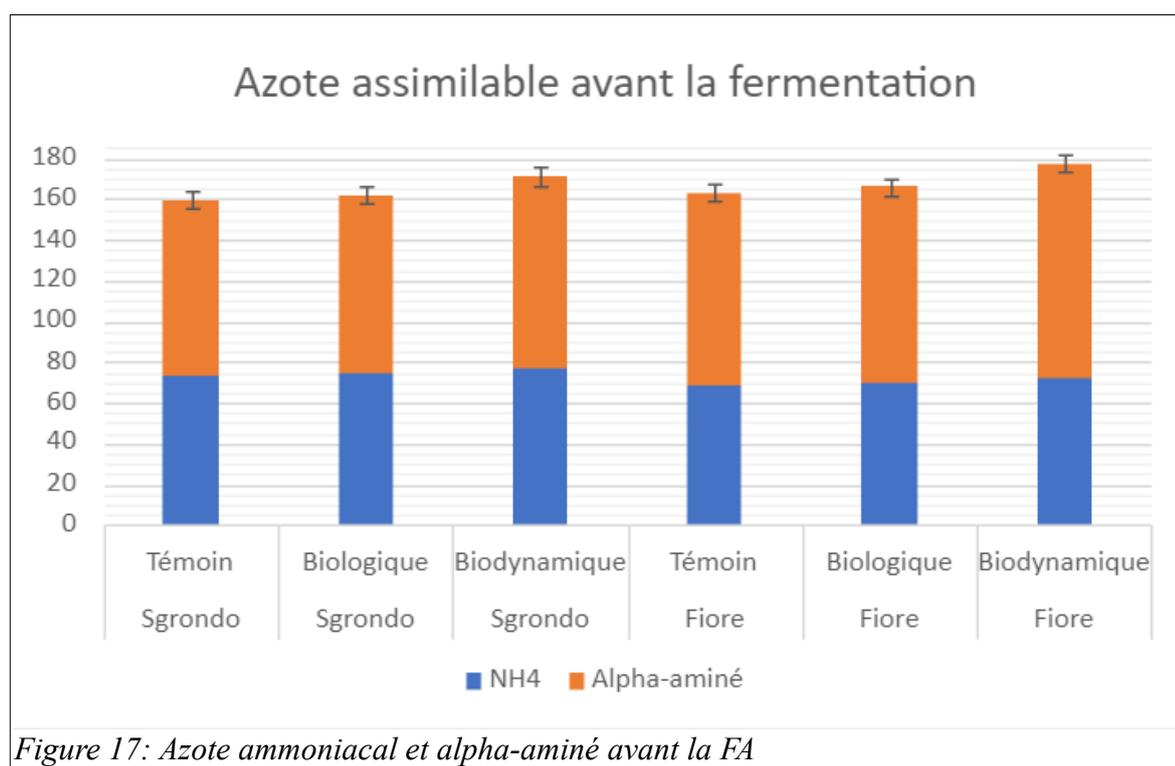


Figure 17: Azote ammoniacal et alpha-aminé avant la FA

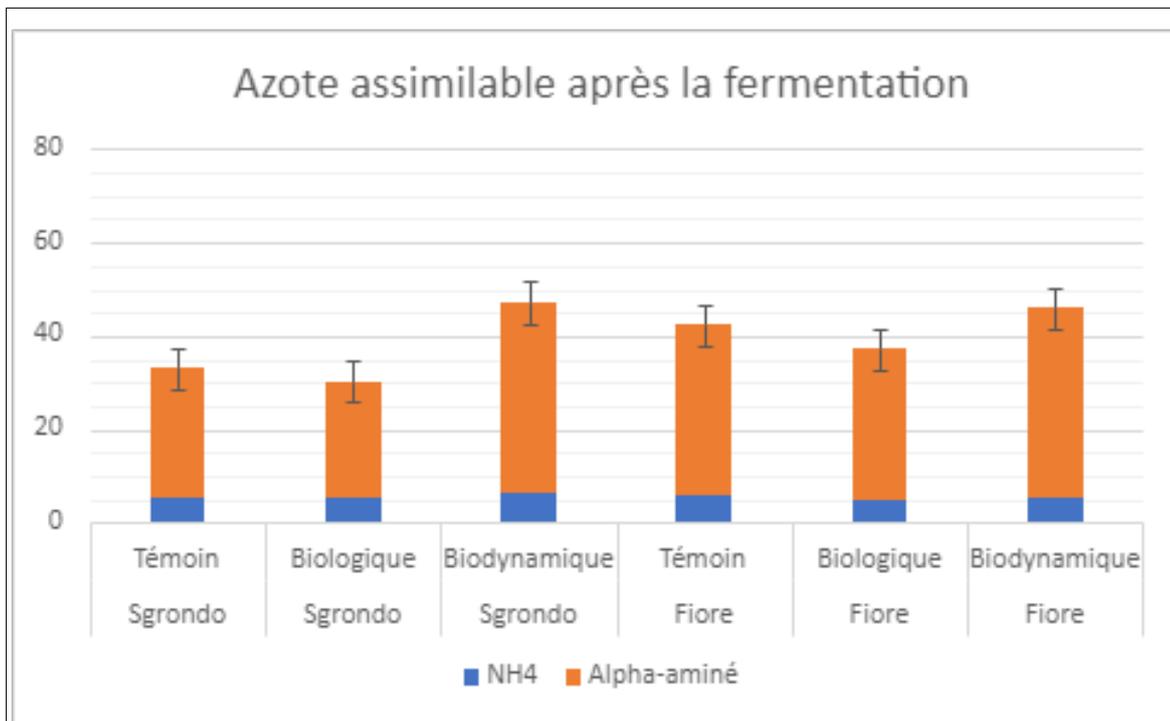


Figure 18: Azote ammoniacal et alpha-aminé après la FA

C) Les mesures au cours de la vinification

Les figures 19 et 20 présentent l'évolution de la densité du début (inoculation) à la fin de la fermentation, lorsque le taux de sucres résiduels est inférieur à 1g/L.

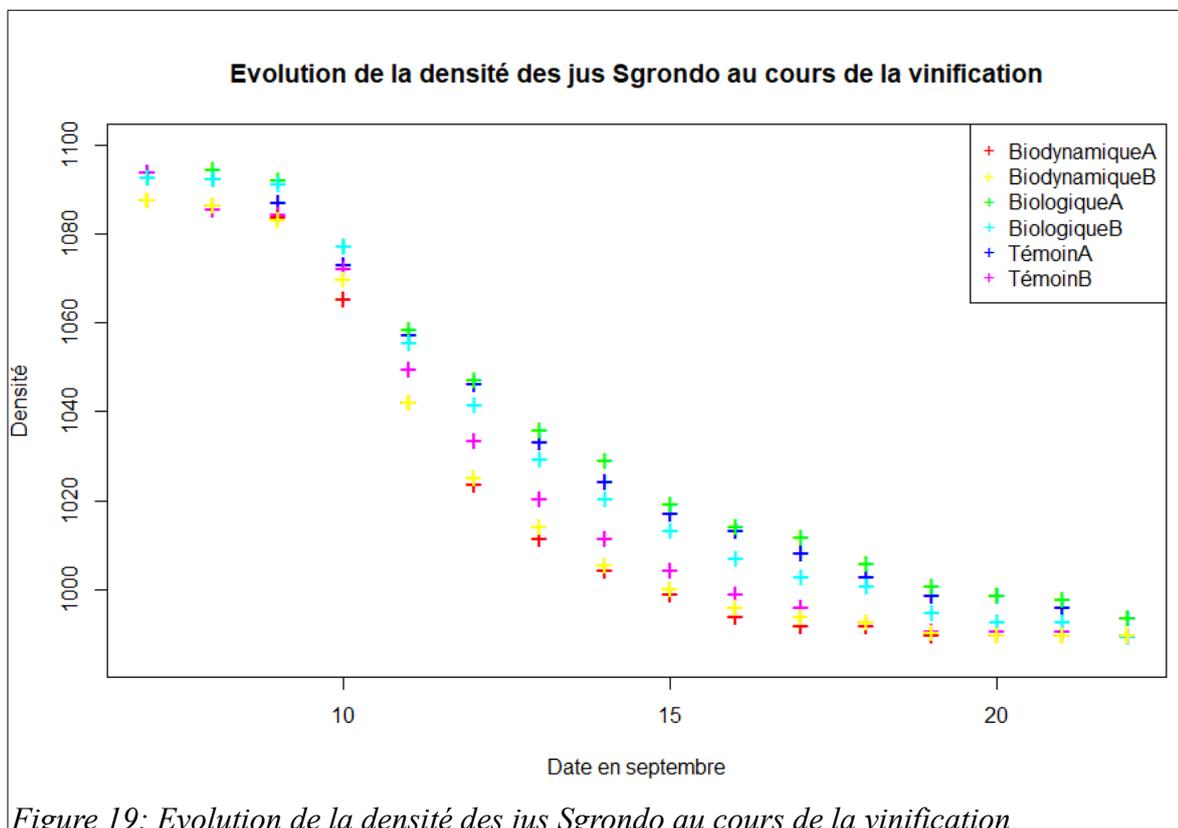


Figure 19: Evolution de la densité des jus Sgrondo au cours de la vinification

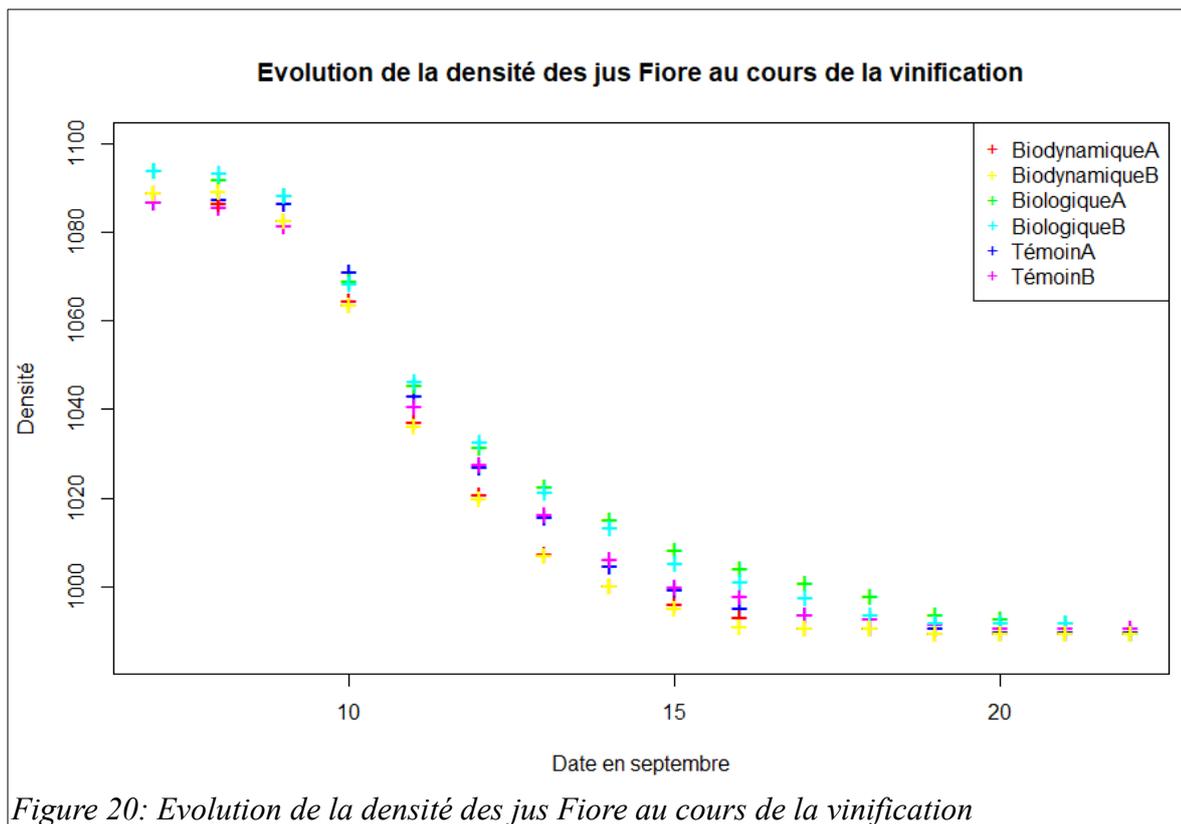


Figure 20: Evolution de la densité des jus Fiore au cours de la vinification

On constate que la fermentation est allée plus vite sur les modalités biodynamiques que sur les modalités biologiques et témoins dans les jus Sgrondo. Cette différence est moindre dans les modalités Fiore.

Les fermentations des modalités biodynamiques se sont terminées entre le 19 et le 20 septembre alors que celles des modalités témoins et biologiques se sont terminées plus tard, le 21 pour les premières et le 22 pour les dernières. Les modalités biologiques avaient cependant la plus grande quantité de sucre au départ de la fermentation : 213 et 216g/L de sucres probables pour les moûts Sgrondo et Fiore biologiques alors que les moûts témoins étaient à 198 et 199g/L et les moûts biodynamiques étaient à 201 et 203g/L de sucres probables.

Les modalités sont donc allées plus vite que les modalités témoins alors qu'elles avaient plus de sucres probables. Puisque la différence d'azote ne semble pas être suffisante pour changer la cinétique de fermentation, on peut penser que les produits utilisés dans la modalité biodynamique ont également permis d'augmenter d'autres éléments comme des vitamines ou des oligo-éléments qui favorisent également l'activité levurienne.

Les comptages effectués au cours de la vinification ont permis d'observer que les levures au départ de la fermentation avaient un taux de viabilité variant entre 89 et 96 % de cellules viables et que le nombre de levures totales variait entre 1×10^7 et 5×10^7 cellules/mL. Ces populations sont donc

parfaitement normales en début de fermentation. De plus, le taux de viabilité à environ 75 % de la FA ne présentait pas de différence significative selon les modalités. On note en effet que le TAVP de toutes les modalités n'était pas très élevé (entre 11,9 et 13%vol), il est donc normal que la mortalité des levures ne soit pas élevée et ne soit donc pas un facteur discriminant.

D) Résultats de la dégustation

	Sgrondo Témoin / Sgrondo Biologique	Sgrondo Témoin / Sgrondo Biodynamique	Sgrondo Biologique / Sgrondo Biodynamique	Fiore Témoin / Fiore Biologique	Fiore Témoin / Fiore Biodynamique	Fiore Biologique / Fiore Biodynamique
Nombre de réponses justes	5	4	6	3	6	5

Figure 21: Résultats de la dégustation

D'après la table de la loi binomiale, dans le cas d'une dégustation avec 12 dégustateurs, il faut au moins 8 réponses justes pour conclure avec un risque d'erreur de 5%. Ainsi, avec le nombre de réponses justes données par la figure 21, on ne peut donc pas conclure à une différence significative au niveau sensoriel.

E) Discussion

Quelles conclusions peut-on tirer de l'expérimentation ?

La figure 22 présente les coûts entraînés par les deux modalités.

	Biologique	Biodynamique
Prix du produit (€/ha)	14,80	0
Temps de main d'œuvre (h/ha)	0,5	2
Prix main d'œuvre (€/ha)	10	38
Économie de Thiazote (€/ha)	0	0
Total (€/ha)	10	38

Figure 22: Analyse économique des modalités de l'expérimentation

Pour calculer le temps de main d'œuvre de la modalité biologique on considère que le temps de préparation du produit (mélange de la dose de produit avec de l'eau) est négligeable et on compte le

temps de pulvérisation avec le tracteur (30 minutes/ha).

Pour calculer le temps de main d'œuvre de la modalité biodynamique on compte le temps de ramassage des orties (1h/ha) ainsi que le temps de dynamisation (30 minutes/ha). On ajoute le temps de pulvérisation avec le tracteur (30min/ha). Le ramassage des orties peut être réalisé par n'importe quel employé de l'exploitation, il est donc payé 18€/h alors que la dynamisation et la pulvérisation sont réalisées par les tractoristes, payés 20€/h.

Ainsi, bien que les produits biodynamiques soient gratuits, le temps de main d'œuvre est plus important. La modalité biodynamique est donc plus chère que la modalité biologique.

En admettant que la modalité biodynamie permette de gagner une dizaine de mg d'azote par L, cela correspond, si ces 10mg étaient ajoutés avec du Thiazote, à deux ou trois centimes. On considère donc que même la modalité biodynamique ne permet pas de diminuer les ajouts d'azote assimilable et donc le coût du produit œnologique.

Mais il faut également tenir compte de la volonté de l'exploitation de produire son vin avec des méthodes biodynamiques. En effet, si la Fattoria décide de ne plus ajouter d'azote assimilable dans les moût comme le voudrait la philosophie de biodynamie, il faudra trouver une solution pour éviter les carences azotées à l'avenir.

La fertilisation foliaire ne semble cependant pas être une solution efficace. Il serait peut-être plus efficace de jouer sur les amendements apportés à la vigne.

Les limites de l'expérimentation

On a pu observer que la parcelle n'était pas totalement homogène, que ce soit du point de vue des contrôles maturité ou du point de vue de la vendange. En effet les rendements ne cessent de diminuer à mesure qu'on récolte vers l'est de la parcelle. Il aurait donc été intéressant dans cette expérimentation de comparer les taux d'azote entre les deux modalités témoins afin de confirmer ou d'infirmer ce gradient que l'on peut supposer d'après le gradient de rendement. Une autre manière de concevoir l'expérimentation aurait été de couper la parcelle également dans sa longueur et donc d'avoir 12 blocs de modalité au lieu de 6. On aurait alors pu positionner les modalités de manière aléatoire.

La parcelle d'étude n'était pas, même dans la modalité témoin, en carence azotée (environ 160mg/L d'azote assimilable). Les résultats auraient peut-être été plus probants sur une parcelle souffrant réellement de carence azotée. De même, il serait intéressant de voir les résultats si les pulvérisations foliaires avaient été faites en encadrement de la véraison comme la littérature le conseille.

Si l'on n'a pas observé des vraies différences du point de vue de l'azote assimilable des moûts, on a tout de même observé une cinétique fermentaire plus rapide dans les modalités biodynamiques. Il serait intéressant, dans le cadre d'un approfondissement de l'étude, de faire des analyses des autres éléments du moût pouvant influencer la fermentation : vitamines, oligo-éléments et stérols. Les produits biodynamiques auraient en effet pu améliorer le métabolisme général de la plante et augmenté la teneur de ces éléments dans le moût.

Conclusion générale

La Fattoria Sardi est une exploitation viticole ayant connu des changements conséquents avec la transmission de la génération précédente à la génération actuelle.

L'exploitation est en effet passée de la vente en vrac d'une grande partie de la production à la vente uniquement en bouteilles et a développé son potentiel touristique avec un restaurant. Ces évolutions ont entraîné la nécessité de changer le statut de l'entreprise afin que celui-ci soit plus adapté.

Le nombre d'employés de l'exploitation a également augmenté, passant de 5 temps plein à 17. Cette augmentation est surtout liée à la création du restaurant. Il sera intéressant d'observer le résultat économique du restaurant à la fin de l'année pour savoir s'il est rentable d'une part mais aussi s'il a un impact sur l'attractivité générale de l'exploitation en matière de tourisme.

L'itinéraire technique est cohérent avec la volonté de l'exploitation de produire un vin avec le minimum d'intrants possible. Il serait cependant intéressant, en plus du couvert végétal, d'augmenter un peu la fertilisation. Puisque l'objectif est d'utiliser les produits les plus naturels possible, on pourrait envisager l'utilisation d'amendements organiques comme du fumier ou du compost, compatibles avec la biodynamie, sur les parcelles les plus carencées.

Les vinifications menées à la Fattoria Sardi répondent à la contrainte due à la grande diversité des cépages dans le parcellaire. L'exploitation produit en effet de nombreux vins différents, permettant de s'adapter à tout les marchés. Cette diversité est néanmoins source de contrainte puisqu'elle entraîne un grand nombre de cuves différentes au cours de la vinification et que les capacités de stockage du chai sont limitées.

	Positif	Négatif
Facteur interne	<p>Force</p> <ul style="list-style-type: none"> • Système agrotouristique développé et efficace. • Maître de chai et vigneron employés depuis plusieurs années donc bonne connaissance des parcelles et de leur comportement • Label AB depuis 12 ans • Grande diversité de produits (rouges, blancs, rosés et Pet-Nat) 	<p>Faiblesse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certaines parcelles sont assez éloignées du chai. • Pas de chai unique mais plusieurs chais éparpillés qui nécessitent des adaptations pour les transferts de liquides • Manque de place de stockage, chai étroit • Rendements moyens selon les parcelles
Facteur externe	<p>Opportunité</p> <ul style="list-style-type: none"> • Région très touristique • Proximité des villes de Florence et de Pise • Présence d'une association de la biodynamie à Lucques • Exportation possible dans de nombreux pays, notamment aux états-unis. 	<p>Menace</p> <ul style="list-style-type: none"> • Climat parfois extrême (surtout avec le réchauffement climatique) avec de nombreux épisodes de gel et de grêle • Animaux (sanglier, chevreuil) qui viennent et abîment les parcelles • Concurrence avec les nombreux domaines de la région

Figure 23: Matrice SWOT de l'exploitation

La matrice SWOT de l'exploitation présentée en figure 23 met en évidence les forces et les faiblesses de l'exploitation ainsi que les opportunités et les menaces auxquelles elle fait face. La stratégie de l'exploitation consiste à stabiliser les ventes à l'étranger tout en développant la réputation de l'exploitation. Les vins vendus à l'étranger permettent ainsi d'attirer les clients sur les séjours œnotouristiques et de les fidéliser avec les visites de l'exploitation. La diversité des produits permet également de mettre en valeur l'exploitation par rapport aux autres domaines de l'appellation. La stratégie de l'exploitation utilise ainsi largement les opportunités à sa disposition et compense ainsi les menaces externes.

Par exemple, les connaissances des vigneron de leurs vignes permettent de compenser, dans une certaine mesure, l'aléa climatique. Le système agrotouristique développé et réputé permet de compenser la concurrence avec les exploitations de la région. Si les animaux peuvent représenter une menace sérieuse, ils sont bien contrôlés : utilisation de répulsif à chevreuil sur une parcelle et installation de clôtures électriques sur un lot de parcelles particulièrement concernées.

Le manque de place pourrait cependant devenir un sérieux frein pour la production, il pourrait donc être intéressant de faire des travaux pour construire de nouveaux bâtiments ou pour restructurer les bâtiments actuels.

Bibliographie

BÉLY, Marina, 1990. *Détection automatique et correction des carences en azote assimilable des fermentations alcooliques en conditions œnologiques: étude cinétique et approche physiologique*. S.l. (France) : Montpellier 2. 002.A.35.C.03, TH BEL

DELAHAYE, Julien, 2015. *Utilisations de l'ortie-Urtica dioïca L.* Université de Rouen UFR de médecine et de pharmacie.

DUFOURCQ, Thierry, DAVAUX, François, CHARRIER, Frédéric, POU, Pascal et SCHNEIDER, Rémi, 2011. La fertilisation foliaire en azote de la vigne et ses conséquences sur la composition des mouts et des vins. . 2011. pp. 4.

GEFFROY, Olivier et DUFOURCQ, Thierry, 2010. Evaluation de 3 préparations biologiques appliquées par voie foliaire sur vigne pour corriger le statut azoté des moûts. In : . 10 décembre 2010.

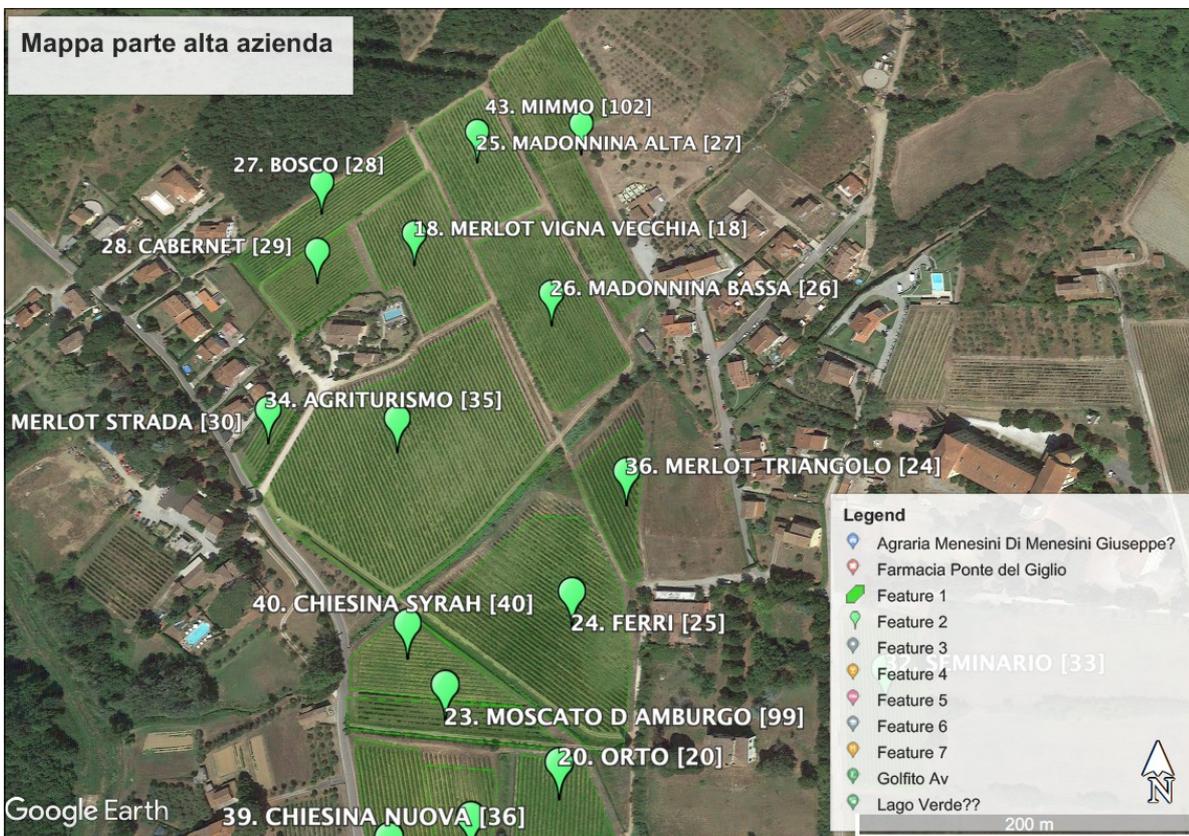
TIAN, Tian, RUPPEL, Meghan, OSBORNE, James, TOMASINO, Elizabeth et SCHREINER, R. Paul, 2022. Fertilize or Supplement: The Impact of Nitrogen on Vine Productivity and Wine Sensory Properties in Chardonnay. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1 juillet 2022. Vol. 73, n° 3, pp. 156-169. DOI 10.5344/ajev.2022.21044.

VERDENAL, T., SPANGENBERG, J.e., ZUFFEREY, V., LORENZINI, F., SPRING, J.-L. et VIRET, O., 2015. Effect of fertilisation timing on the partitioning of foliar-applied nitrogen in *Vitis vinifera* cv. Chasselas: a ¹⁵N labelling approach. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2015. Vol. 21, n° 1, pp. 110-117. DOI 10.1111/ajgw.12116.

Annexes



Annexe 1 : Parcelles Arsina

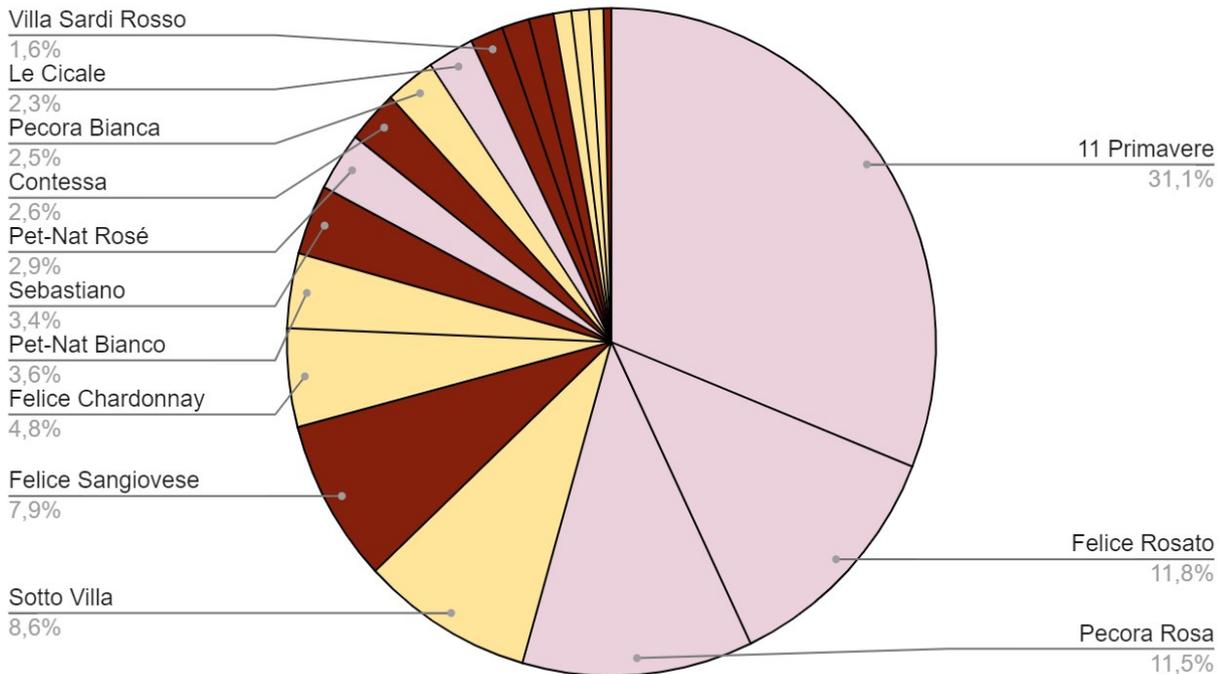


Annexe 2 : Parcelles hautes Fattoria Sardi



Annexe 3 : Parcelles basses Fattoria Sardi

Proportion de chaque vin dans les bouteilles produites en 2021



Annexe 4 : Proportion des différents vins dans le production

TRAINER®

TRAINER is an innovative fertilizer based on organic nitrogen derived from plant-based amino acids and peptides. This nitrogen is rapidly absorbed by leaves and translocated in plant tissue.

GENERAL INFORMATION

TRAINER may aid in reducing the effect of abiotic plant stresses such as heat, cold, drought, and salinity. It may help reduce the effect of some biotic stresses.

TRAINER improves plant growth and supports the most important phases (growth, flowering, fruit enlargement).

TRAINER enhances traditional fertilizer programs to help achieve high productivity and quality. The amino acids in **TRAINER** are known to improve productivity, physiological attributes, biochemical constituents and quality parameters.

USE INFORMATION AND DOSE

TRAINER is suitable for use on all growing plants.

For Average Conditions:

Foliar applications: Apply 16–64 fl. oz./acre during the growth cycle of the plant. Applications may be repeated up to 6 times per growing season.

Before using we recommend jar testing to evaluate compatibility with other products. Do not exceed recommended dose. Do not apply undiluted.

Guaranteed Analysis

Total Nitrogen (N).....	5%
5% Water Soluble Nitrogen	

DERIVED FROM

Soy Protein Hydrolysate

Due to the biological nature of this product, separation and color variations are normal.

SHAKE WELL BEFORE USE

The product is stable at ordinary temperatures and pressures. Store in a dry place at temperatures between 40 and 95° F. Keep out of reach of children and animals. Do not eat. Avoid contact with eyes and skin. In case of accidental spillage of fertilizer, collect with absorbent material.

CONDITION OF SALE
SELLER WARRANTS THAT THE PRODUCT CONFORMS TO THE CHEMICAL DESCRIPTION AND IS REASONABLY FIT FOR THE PURPOSE STATED ON THIS LABEL WHEN USED IN ACCORDANCE WITH DIRECTIONS UNDER NORMAL CONDITIONS OF USE. SINCE WEATHER, CROP, SOIL AND OTHER CONDITIONS MAY VARY, ITALPOLLINA AND/OR SELLER MAKE NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESSED OR IMPLIED, CONCERNING THE USE OF THIS PRODUCT. THE USER ASSUMES ALL RISKS OF USE OF HANDLING, WHETHER OR NOT IN ACCORDANCE WITH DIRECTIONS OR SUGGESTIONS TO THE EXTENT CONSISTENT WITH APPLICABLE LAW.

Information regarding the contents and levels of metals in this product is available on the Internet at <http://www.aapfco.org/metals.html> and/or <http://www.italpollina.us/us/metals.pdf>

**CONTENTS: 2.5 GALLONS (9.46 LITERS)
LBS/GALLON: 10.0 @ 68°F (1.20 KG/L)**



ITALPOLLINA

HELLO NATURE!

A Product of ITALPOLLINA USA, INC.

1800 Purdue Parkway Anderson IN 46016 Tel: 765.615.1900 www.italpollina.com

Annexe 5 : Etiquette du produit Trainer

Modalité	Partie	NH4 (mg/L)	Aminés (mg/L)	N total (mg/L)
Avant Fermentation				
Témoin	Sgrondo	73.7	86.1	159.8
	Fiore	68.2	95	163.2
Biologique	Sgrondo	74	88.2	162.2
	Fiore	69.2	96.8	166.0
Biodynamique	Sgrondo	77	94.2	171.2
	Fiore	72.1	105.6	177.7
Après Fermentation				
Témoin	Sgrondo 1	5.0	17.6	22.7
	Sgrondo 2	5.3	38.1	43.4
	Fiore 1	5.2	43.9	49.0
	Fiore 2	6.4	29.1	35.5
Biologique	Sgrondo 1	4.9	24.9	29.8
	Sgrondo 2	5.7	25.2	30.9
	Fiore 1	5.4	32.4	37.8
	Fiore 2	4.7	31.7	36.3
Biodynamique	Sgrondo 1	5.3	42.3	47.6
	Sgrondo 2	7.5	39.4	46.9
	Fiore 1	5.4	39.4	44.8
	Fiore 2	5.4	41.8	47.2

Annexe 6 : Analyses d'azote assimilable avant et après FA

Individu	Date	Témoin A	Témoin B	Biologique A	Biologique B	Biodynamique A	Biodynamique B
Sgrondo	7	1094	1094	1095	1095	1088	1088
Sgrondo	8	1092,7	1085,7	1094,7	1092,5	1086,7	1086,7
Sgrondo	9	1087,4	1084,7	1092,4	1091,4	1083,9	1083,4
Sgrondo	1	1073,2	1072,3	1077,3	1077,3	1065,6	1070,1
Sgrondo	11	1057,6	1049,8	1058,6	1055,8	1042,3	1042,3
Sgrondo	12	1046,6	1033,8	1047,3	1041,7	1024	1025,3
Sgrondo	13	1033,4	1020,6	1036	1029,6	1011,8	1014,3
Sgrondo	14	1024,5	1011,6	1029,3	1020,6	1004,6	1005,6
Sgrondo	15	1017,3	1004,6	1019,3	1013,5	999,3	1000,3
Sgrondo	16	1013,5	999,3	1014,3	1007,3	994,2	996,3
Sgrondo	17	1008,3	996,1	1012,1	1003,1	992,1	994,1
Sgrondo	18	1003,1	993	1006,1	1000,9	992,1	992,9
Sgrondo	19	999	990,9	1000,9	994,9	989,9	990,4
Sgrondo	20	998,9	990,9	998,9	992,9	989,9	989,9
Sgrondo	21	996,1	990,9	998,1	992,9	989,9	989,9
Sgrondo	22	993,9	989,7	993,7	989,7	989,9	989,9
Fiore	7	1087	1087	1094	1094	1089	1089
Fiore	8	1087,5	1085,7	1091,9	1093,4	1086,7	1089,4
Fiore	9	1086,7	1081,7	1088,4	1088,4	1082,9	1082,9
Fiore	10	1071,3	1063,6	1069,1	1068,6	1064,6	1063,6
Fiore	11	1043,3	1040,9	1045,5	1046,5	1037,3	1036,3
Fiore	12	1027,2	1027,6	1031,6	1032,8	1021	1020
Fiore	13	1015,8	1016,3	1022,6	1021,6	1007,6	1007,3
Fiore	14	1004,7	1006,3	1015,3	1013,5	1000,3	1000,5
Fiore	15	999,5	1000,1	1008,3	1005,3	996,3	995,3
Fiore	16	995,3	998,1	1004,3	1001,3	993,1	991,1
Fiore	17	993,9	993,9	1001,1	997,6	990,9	990,9
Fiore	18	990,9	992,9	997,9	993,9	990,7	990,7
Fiore	19	990,8	991,7	993,9	991,9	989,7	989,7
Fiore	20	990	990,7	992,9	991,9	989,7	989,7
Fiore	21	990	990,7	992	991,9	989,7	989,7
Fiore	22	990	990,7	989,7	989,7	989,7	989,7

Annexe 7 : Densités des moûts au cours de la fermentation