Diagnostic des parcelles des différents domaines Paul Mas en vue du développement de pratiques agroécologiques

Rapport global

Résumé

Document de synthèse rédigé par des étudiants de Montpellier SupAgro – PVD suite à la réalisation d'une enquête auprès des domaines viticoles Paul Mas. L'objectif est de faire un état des lieux global sur les pratiques et problématiques rencontrées sur les différents domaines et de proposer des pistes de pratiques agroécologiques.

Julie André - Juliette Gaab - Larissa Gimenes
Erica Nei Girotto - Hugo Guidez - Thomas Lengagne
Justine Malaterre - Sylène Monnier - Célia Ruau
Simon Poulet - Juliette Vacogne

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier M.Jean-Claude Mas, Directeur des Domaines Paul Mas, de nous avoir ouvert les portes de l'ensemble de ses domaines.

Nous remercions également M. Chihib, M. Filhol, M. Kerherve, M. Lalauze et M. Ramos Dos Santos pour leur accueil, le temps et l'expertise qu'ils ont mis à disposition durant ce projet.

Nous remercions particulièrement Mme. Emilie Nelson, Responsables vignobles sous contrat chez Domaines Paul Mas, pour le suivi et les échanges enrichissants qu'elle a su nous apporter tout au long de ce projet.

Enfin, nous tenons à remercier M. Raphael Metral, Mme. Aurélie Metay, M. Léo Garcia et Mme. Elsa Ballini pour leur disponibilité et leurs conseils pendant la durée du projet.

Table des matières

Introduction 5
1. Mise en place du projet 6
1.1. Objectifs 6
1.2. Méthodologie 7
2. Typologie des domaines Paul Mas 9
2.1. Contexte pédo-climatique 9
2.2. Présentation des parcelles 12
2.3. Présentation du millésime 2020 13
2.4. Problématiques soulevées 16
2.5. Etat des lieux des pratiques culturales 18
3. Analyse des ressemblances parcellaires 24
3.1. Regroupement par pratiques culturales similaires 25
3.2. Positionnement vis-à-vis des pratiques agroécologiques 27
4. Leviers d'action agroécologiques 30
4.2. Irrigation 31
4.3. Stratégies d'Enherbement 34
4.4. Gestion du plan de fumure 38
4.5. Raisonner la protection phytosanitaire du vignoble 43
Esca 46
Escargots 47
Oïdium 48
Mildiou 49
Botrytis 50
Cryptoblabes 51
Flavescence dorée 51
Conclusion 52
Annexes 53

Table des illustrations

Figure 1 : Schéma détaillant la méthodologie mise en place tout au long du projet. 7
Figure 2 : Schéma expliquant la lecture graphique d'un diagramme en boîte. 8
Figure 3 : Cumul des pluviométries (mm) en moyenne sur la période 2010 - 2020 pour les stations de Montagnac, Redessan (Denim), Thuir, Carcassonne et St-Hilaire (Teramas et Martinolles, 2017-2020). 9
Figure 4 : Cumul des pluviométries(mm) en 2020 pour les stations de Montagnac, Redessan, Thuir, St Hilaire et Carcassonne. 9
Figure 5 : Etude générale des analyses de sol des parcelles. Moyennes (en rouge) des taux de MO (%), d'azote total (%) et des C/N des sols des parcelles étudiées, et répartition des parcelles autour de cette moyenne (noir). 11
Figure 6 : Répartition des cépages sur l'ensemble des domaines. 12
Figure 7 : Nombre de parcelles étudiées par domaine. 12
Figure 8 : Nombre de parcelles cultivées sous le label AB ou en agriculture raisonnée. 12
Figure 9 : Sigles d'appellation des parcelles (AOP, IGP). 12
Figure 10 : Répartition des rendements 2020 en T/ha sur les domaines (B pour Blancs et R pour Rouges). 13
Figure 11 : Rendements 2020 des blancs des différents domaines. 14
Figure 12 : Rendements 2020 des rouges des différents domaines. 14
Figure 13 : Ratio des rendements 2020 sur les objectifs de rendements (en T/ha). 15
Figure 14 : Ratio des rendements 2020 sur les objectifs de rendements (en T/ha) par domaine. 15
Figure 15 : Recensement des problématiques présentes sur l'ensemble des domaines. 16
Figure 16 : Répartition des points de vigilance et problématiques non phytopathologiques pour chaque domaine. 17
Figure 17 : Nombre de parcelles par domaine impactées par des ravageurs. 17
Figure 18 : Nombre de parcelles par domaine impactées par des maladies. 17
Figure 19 : IFT globaux des domaines. 18
Figure 20 : IFT par catégorie de produits pour chaque domaine : herbicides, fongicides, insecticides, biocontrôle. 19
Figure 21 : Répartition des IFT en fonction des catégories de produits par domaine. 19
Figure 22 : Apports azotés des différents domaines. 20
Figure 23 : Apports NPK de l'ensemble des domaines. 20
Figure 24 : Nombre de parcelles pour chaque type d'enherbement. 21
Figure 25 : Nombre de parcelles enherbées. 21
Figure 26 : Cover index des parcelles de chaque domaine. 22
Figure 27 : Nombre de parcelles irriguées. 22
Figure 28 : Nombre de parcelles ayant accès à l'eau. 22
Figure 29 : Nombre moyen de travaux du sol sur les parcelles par domaine. 23
Figure 30 : Moyenne de la profondeur maximale travaillée par domaine. 23
Figure 31 : Nombre de passages d'engins moyen par domaine et par acte cultural. 24
Figure 32 : Cercle de corrélations des variables (pratiques culturales) étudiées. 25
Figure 33 : Projection des parcelles et des variables pratiques culturales sur le même repère. 26
Figure 34 : Regroupement des parcelles avec des pratiques culturales proches. 26
Figure 35 : Arbre de regroupement des parcelles par groupe agroécologique. 27
Figure 36 : Influence de l'état hydrique sur les paramètres qualitatifs, quantitatifs et physiologiques du vignoble (Ojeda and Saurin 2014). 32

Tableau 1 : Récapitulatif des caractéristiques pluviométriques de la saison 2020 des stations météorologiques sélectionnées pour les différents domaines. 10
Tableau 2 : Regroupement des parcelles par groupe agroécologique. 28
Tableau 3 : Résumé des différents OAD envisageables pour une gestion de l'irrigation améliorée. ... 34
Tableau 4 : Proposition d'une stratégie d'enherbement à mettre en place selon l'objectif de production. 35
Tableau 5 : Avantages et inconvénients d'espèces végétales qui peuvent être choisies dans les couverts végétaux des vignobles. 36
Tableau 6 : Exemple d'espèces végétales qui peuvent être semées dans l'inter-rang. 37
Tableau 7 : Synthèse des OAD à mettre en place pour la gestion du plan de fumure 39
Tableau 8 : Tableau regroupant les types de carences observables. 40
Tableau 9 : Calcul du redressement du taux de matière organique par l'apport d'un compost de déchets vert et d'autres amendements. 43

Introduction

Ce rapport a été construit suite aux enquêtes de terrain réalisées sur les domaines Paul Mas. Il propose un état des lieux des pratiques culturales des domaines pour les parcelles problématiques recensées par les chefs de culture. Cet état des lieux permettra de réfléchir à de potentiels leviers agroécologiques face aux problématiques rencontrées sur les parcelles étudiées, dans une perspective de valorisation et de réduction des impacts de certaines pratiques.

L'étude se base ainsi sur cinq grandes thématiques qui sont le travail du sol, l'enherbement, la fertilisation, l'irrigation et lutte phytosanitaire. Des indicateurs agroécologiques ont aussi été réfléchis de manière à étudier ces thématiques sous cet angle directeur de l'étude.

1. Mise en place du projet

1.1. Objectifs

Les objectifs des domaines Paul Mas à travers ce projet sont :

- Obtenir une typologie des problématiques rencontrées : il s'agit de recenser certaines problématiques dans les différents domaines et d'essayer de créer des groupes homogènes en termes de problèmes rencontrés et de pratiques.
- Ouvrir des perspectives pour d'autres projets dans le cadre de la collaboration avec la chaire AgroSYS. L'objectif est de proposer un plan d'action pour la mise en place de pratiques agroécologiques, qui pourra être développé avec la chaire AgroSYS.

1.2. Méthodologie

Le schéma ci-dessous (*Figure 1*) détaille la méthodologie mise en place tout au long du projet et décrit les différentes étapes de travail.

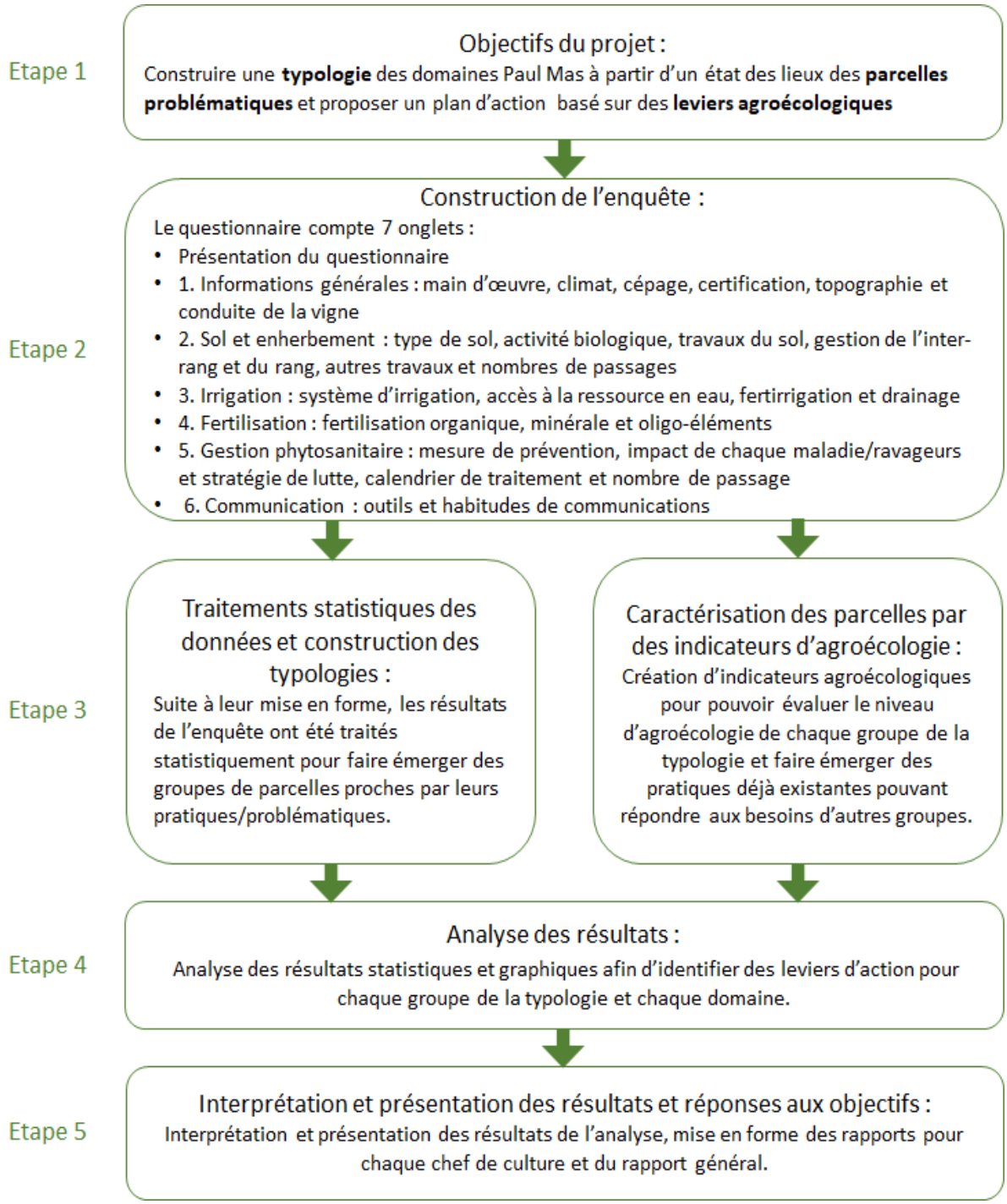
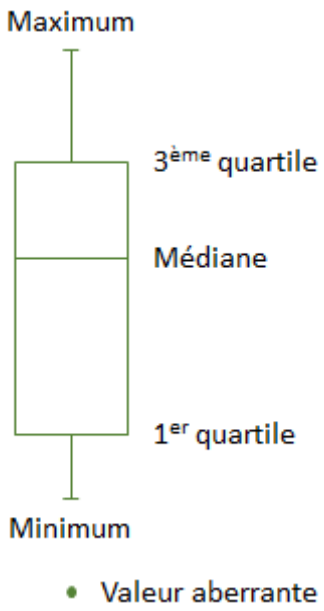


Figure 1 : Schéma détaillant la méthodologie mise en place tout au long du projet.

1.3. Lecture des diagrammes en boîtes

Les diagrammes en boîte, ou boîte à moustache, sont une représentation graphique de données statistiques. Il s'agit d'une représentation rapide de données quantitatives qui permet de voir leur étendue et quelques valeurs représentatives. Plusieurs graphiques de ce type sont présents dans ce rapport et leur lecture est expliquée ci-dessous (*Figure 2*).



Le maximum et le minimum représentent la plus grande et la plus petite valeur du jeu de données.

La médiane représente la valeur centrale du jeu de données. Sur un échantillon de 45 valeurs, la médiane serait la 23ème valeur par exemple. 50% des valeurs sont en dessous de la médiane et 50% au-dessus.

25% des valeurs sont sous le 1er quartile et 25% des valeurs sont au-dessus du 3ème quartile. Ainsi, 50% des valeurs sont comprises dans les boîtes rectangulaires représentées dans les schémas.

Un point en dessous ou au-dessus du diagramme en boîte représente une valeur aberrante. C'est une valeur qui a été écartée par le logiciel de statistique car elle est trop éloignée des autres valeurs de l'échantillon, elle est donc mise en valeur pour pouvoir vérifier si elle découle d'une erreur et donc éventuellement être éliminée.

Figure 2 : Schéma expliquant la lecture graphique d'un diagramme en boîte.

2. Typologie des domaines Paul Mas

2.1. Contexte pédo-climatique

- Pluviométrie

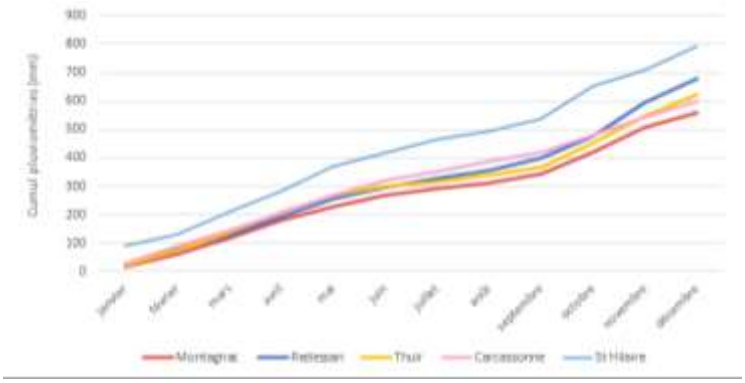


Figure 3 : Cumul des pluviométries (mm) en moyenne sur la période 2010 - 2020 pour les stations de Montagnac, Redessan (Denim), Thuir, Carcassonne et St-Hilaire (Teramas et Martinolles, 2017-2020).

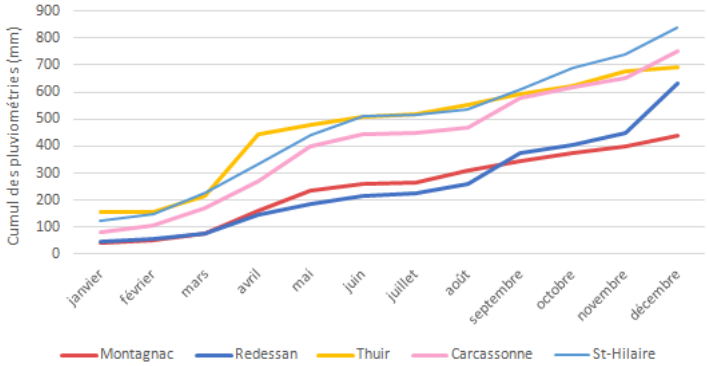


Figure 4 : Cumul des pluviométries(mm) en 2020 pour les stations de Montagnac, Redessan, Thuir, St Hilaire et Carcassonne.

Sur une période de 10 ans (Voir *Figure 3* et *Figure 4*), les courbes de pluviométrie des différentes stations météorologiques présentent la même tendance. C'est entre septembre et mars que les pluies sont les plus importantes. On peut constater que la station de Saint Hilaire se démarque des autres avec une pluviométrie générale plus élevée, mais il peut s'agir d'un biais dû au fait que nous ne possédons que quatre ans de données.

Pour la saison 2020, la station de Montagnac se démarque avec le cumul le plus faible (440 mm), et l'on peut également observer que de fortes pluies ont eu lieu sur la région de Redessan entre novembre et décembre (presque 200 mm en un mois). Sinon, les stations de Saint Hilaire, Carcassonne et Thuir montrent globalement la même tendance. On peut tout de même noter des pluies importantes à Thuir au mois de mars (200 mm).

Tableau 1 : Récapitulatif des caractéristiques pluviométriques de la saison 2020 des stations météorologiques sélectionnées pour les différents domaines.

	Redessan	Montagnac	Carcassonne	Thuir	St Hilaire
Nombre de jours de pluies	112 j	103 j	146 j	80 j	138 j
Cumul des pluies	633 mm	440 mm	751 mm	691 mm	839 mm
Nombre de jours de pluies utiles (10 - 30mm)	14 j	12 j	23 j	15 j	23 j
Cumul des pluies utiles	281 mm	212 mm	430 mm	345 mm	403 mm
Nombre de jours de pluies fines (<10mm)	98 j	91 j	123 j	65 j	111 j
Cumul des pluies fines	223 mm	242 mm	271 mm	182 mm	241 mm

Le *Tableau 1* permet de s'intéresser plus particulièrement à la proportion des différents types de pluies (pluies fines qui sont inférieures à 10 mm et pluies utiles qui sont comprises entre 10 et 30mm) dans la pluviométrie totale de l'année 2020. Cette information est importante sachant que des pluies fines répétées vont être favorables à certaines maladies cryptogamiques[1].

La station de Montagnac a eu le moins de pluie en 2020. Cependant, la moitié de ces pluies était des pluies fines (242 mm), l'autre moitié étant des pluies utiles (212 mm). De ce fait, même s'il s'agit d'une année où les pluviométries sont moins élevées, l'apparition de maladies cryptogamiques doit être surveillée.

La pluviométrie totale a été la plus élevée à Saint Hilaire (839 mm), dont 50% sont qualifiés de pluies utiles. Les pluies fines représentent 29% du total. La station de Thuir présente un comportement presque équivalent avec 50% de pluies utiles et 26% de pluies fines.

La station de Redessan cumule 633 mm de pluie en 2020, dont 35% de pluies fines et 44% de pluies utiles. Celle de Carcassonne montre 36% de pluies fines, et la plus grande part de pluies utiles (57%).

[1] Guide de l'observateur de la vigne, chambre d'agriculture de la Gironde, 2017

- Sols

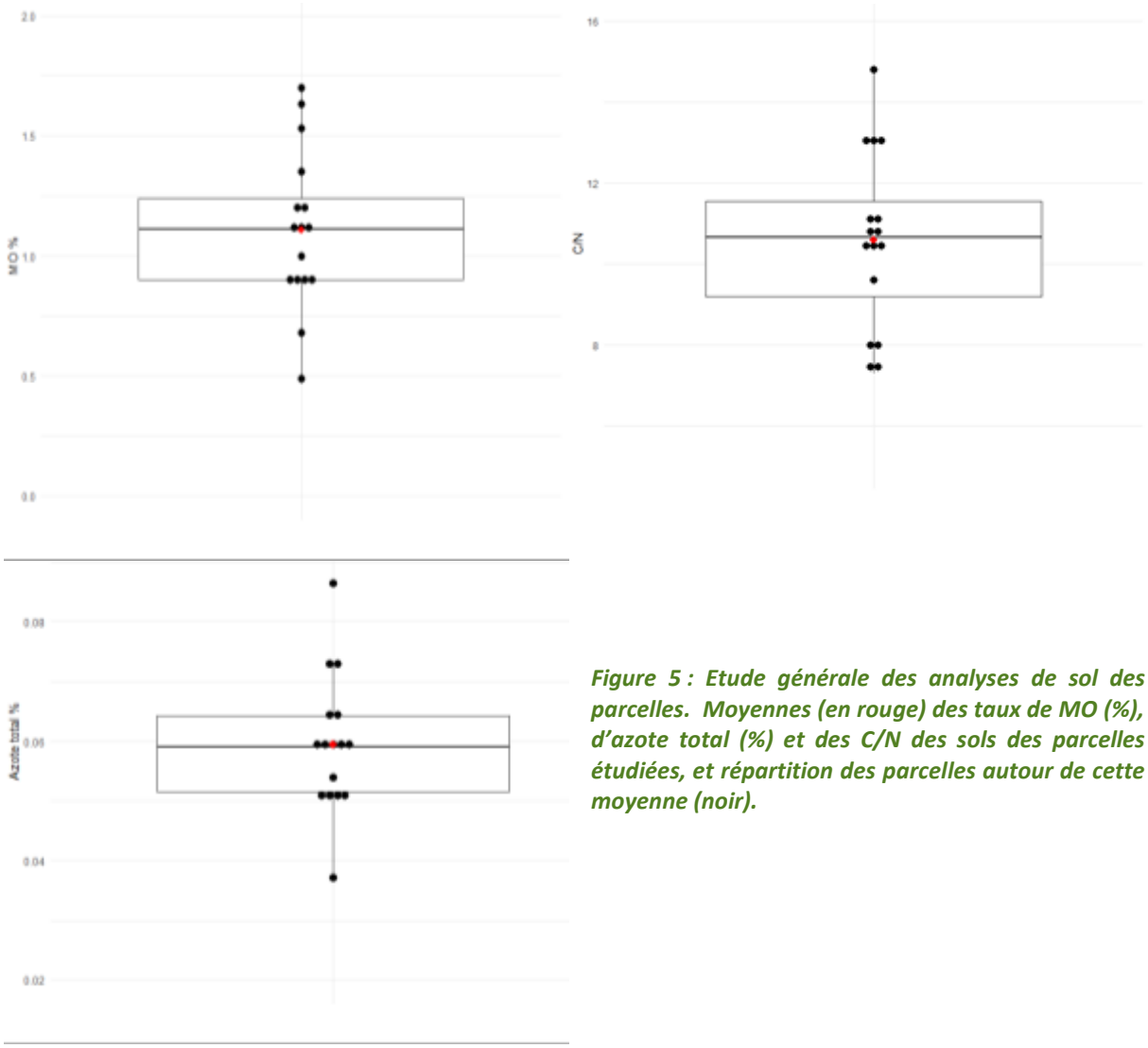


Figure 5 : Etude générale des analyses de sol des parcelles. Moyennes (en rouge) des taux de MO (%), d'azote total (%) et des C/N des sols des parcelles étudiées, et répartition des parcelles autour de cette moyenne (noir).

En moyenne, les sols des parcelles étudiées ont un taux de matière organique (MO) de 1,1% (voir *Figure 5*). En sols viticoles, les taux de matière organique varient de 0,5% à 2,5%[2]. On se situe donc dans la moyenne basse pour nos parcelles. Il est notamment important de souligner que sept parcelles sur les seize analysées présentent des taux de matière organique inférieurs à 1%, ce qui est un taux faible. Seules trois parcelles ont des taux de matière organique supérieurs à 1,5%.
En parallèle, le C/N (rapport Carbone organique / azote total) renseigne sur l'activité biologique des sols, sur le degré d'évolution de la matière organique et sur le potentiel de minéralisation de l'azote du sol. Un C/N élevé (> 12) indique une quantité d'azote du sol faible (pouvant mener à des faims d'azote) et une activité microbiologique réduite du sol. Un C/N faible (<8) indique une activité biologique intense et une quantité de carbone organique faible.
Sachant que les quantités d'azote total sont globalement faibles sur ces parcelles (voir *Figure 5*), La moyenne est de 10,6 (voir *Figure 5*). Quatre parcelles ont des C/N supérieurs à 12. Quatre autres ont des C/N inférieurs ou égaux à 8.

[2] IFV Occitanie

2.2. Présentation des parcelles

- Nombre de parcelles et cépages étudiés

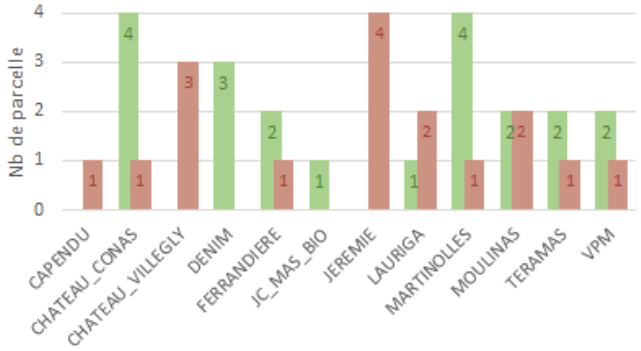


Figure 7 : Nombre de parcelles étudiées par domaine.

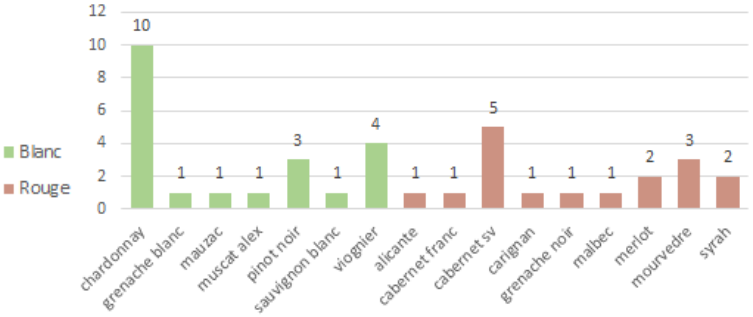


Figure 6 : Répartition des cépages sur l'ensemble des domaines.

L'étude a été réalisée sur 12 domaines appartenant au groupe Paul Mas. Seul le domaine de Crès Ricards n'a pas été étudié car il présentait moins de parcelles à problèmes. Notre étude est axée sur les parcelles problématiques de chaque domaine : 38 parcelles, d'une surface totale de 92 ha, ont été sélectionnées par les chefs de culture (*Figure 6*). Le Chardonnay est le cépage le plus présent (10 parcelles sur 38), vient ensuite le Cabernet Sauvignon, le Viognier, le Mourvèdre et le Pinot Noir (*Figure 7*).

- Certifications et appellations

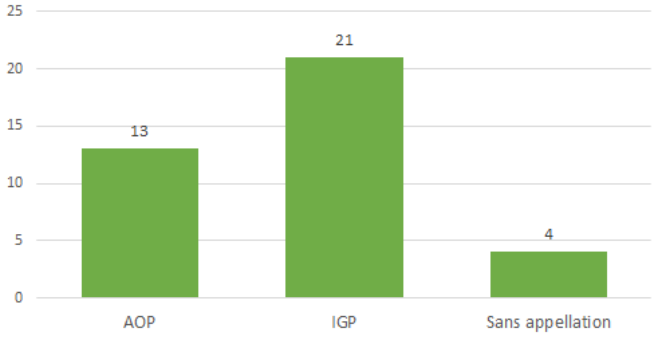


Figure 9 : Sigles d'appellation des parcelles (AOP, IGP).

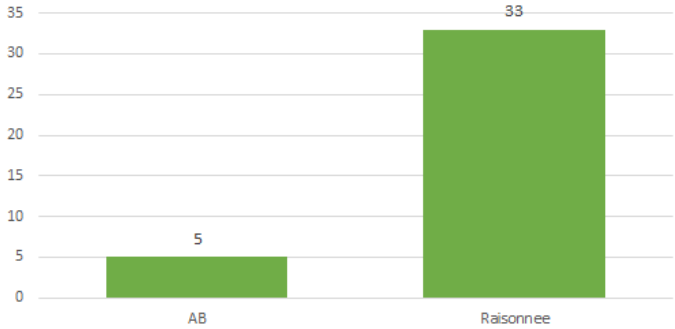


Figure 8 : Nombre de parcelles cultivées sous le label AB ou en agriculture raisonnée.

La majorité des parcelles étudiées ont un signe de dénomination protégée : 13 sont classées en AOP et 21 en production IGP (*Figure 8*). Enfin, 4 servent à la confection de Vin Sans Indication Géographique. Sur les 38 parcelles étudiées, 5 sont conduites selon le cahier des charges de l'agriculture biologique (*Figure 9*).

2.3. Présentation du millésime 2020

- Répartition des rendements

On observe une importante disparité de rendements sur les différentes parcelles étudiées (*Figure 10*). Ceci peut être expliqué par des objectifs de rendements différents (selon le contexte et le sigle de qualité de la parcelle), mais aussi par des pratiques et des contextes pédoclimatiques différents.

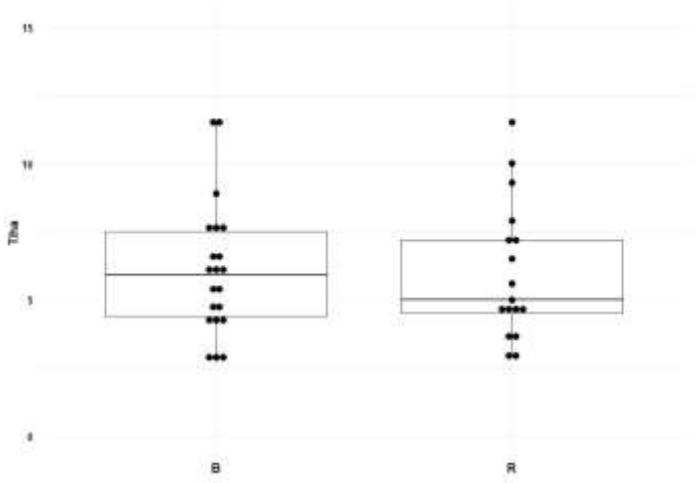


Figure 10 : Répartition des rendements 2020 en T/ha sur les domaines (B pour Blancs et R pour Rouges).

Les rendements en blancs et en rouges des parcelles étudiées s'échelonnent de 4 à 11,5 T/ha, avec un rendement médian plus élevé pour les blancs. Les rendements les plus élevés sont obtenus au domaine de la Ferrandière (rouge et blanc).

Pour les blancs, ce sont les domaines Mas Bio et Martinolles qui obtiennent les rendements les plus faibles (Voir *Figure 11*), tandis que ce sont les domaines de Lauriga et Capendu pour les rouges (Voir *Figure 12*). Ces résultats de rendement sont à nuancer : les parcelles étudiées ici sont celles qui ont des problèmes pouvant affecter la production de raisin. Ainsi, le rendement observé sur ces dernières ne reflète pas les rendements obtenus sur les autres parcelles des domaines.

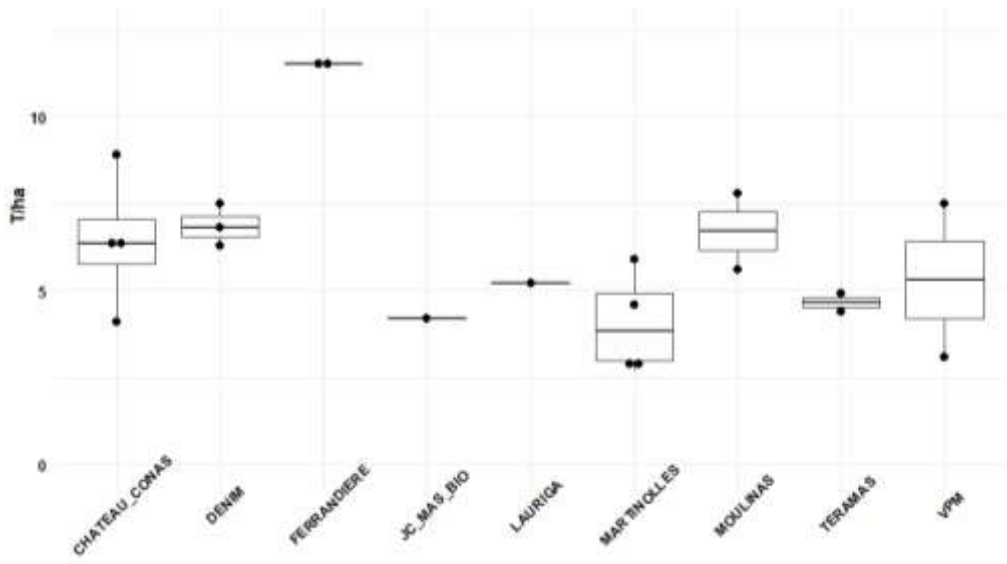


Figure 11 : Rendements 2020 des blancs des différents domaines.

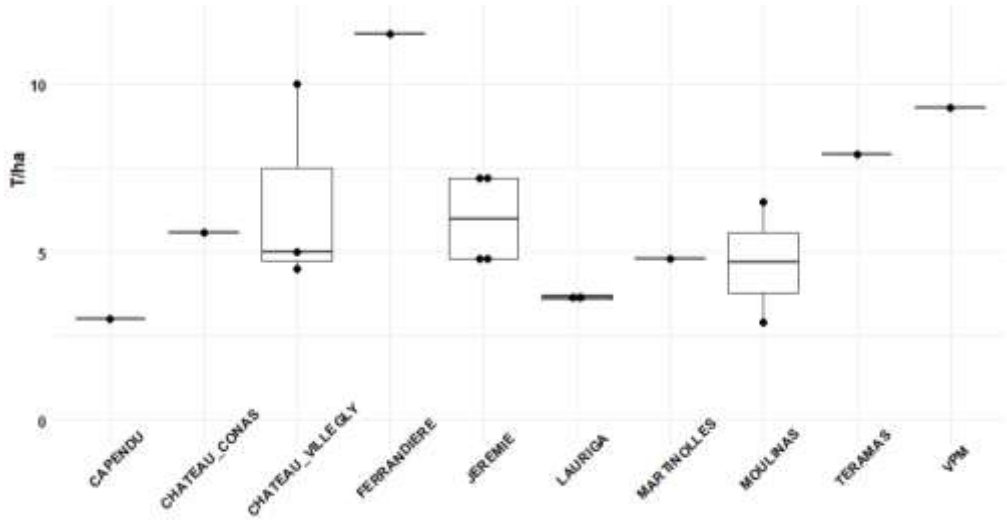


Figure 12 : Rendements 2020 des rouges des différents domaines.

- Atteinte des objectifs de rendements

Afin de mieux comprendre quel peut être l'impact sur le rendement des problématiques rencontrées sur les parcelles, nous nous sommes intéressés au ratio des rendements obtenus en fonction de l'objectif de rendement initial (lorsque le ratio est inférieur à 1, le rendement obtenu est inférieur à l'objectif de rendement).

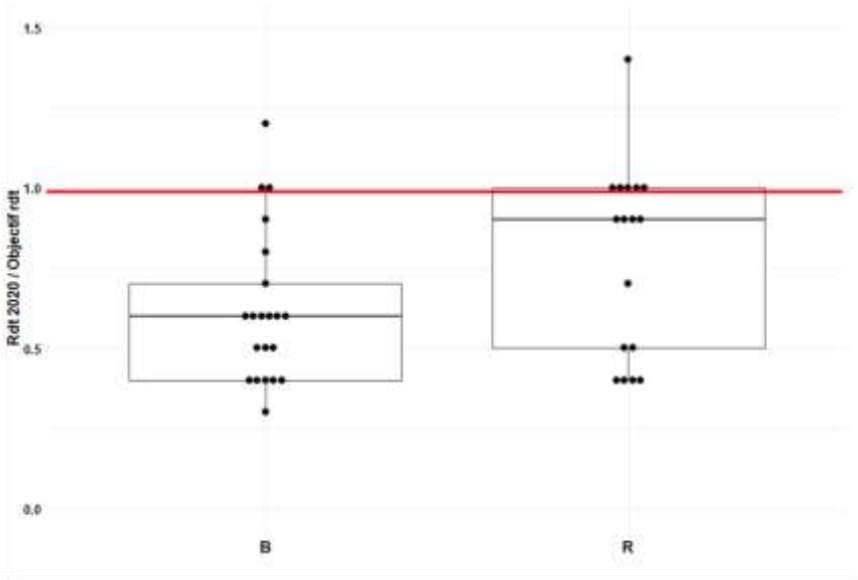


Figure 13 : Ratio des rendements 2020 sur les objectifs de rendements (en T/ha).

La ligne rouge représente l'atteinte de l'objectif.

Sur la *Figure 13* ci-dessus, pour les blancs, on observe que le rendement de la moitié des parcelles est inférieur à 60% de l'objectif de rendement. Seules trois parcelles atteignent leur objectif de rendement. Pour les rouges, seul un quart des parcelles ont atteint 50% de l'objectif de rendement, tandis qu'un autre quart des parcelles atteint entre 50 et 80% de l'objectif. Enfin, un quart des parcelles atteint l'objectif de rendement fixé.

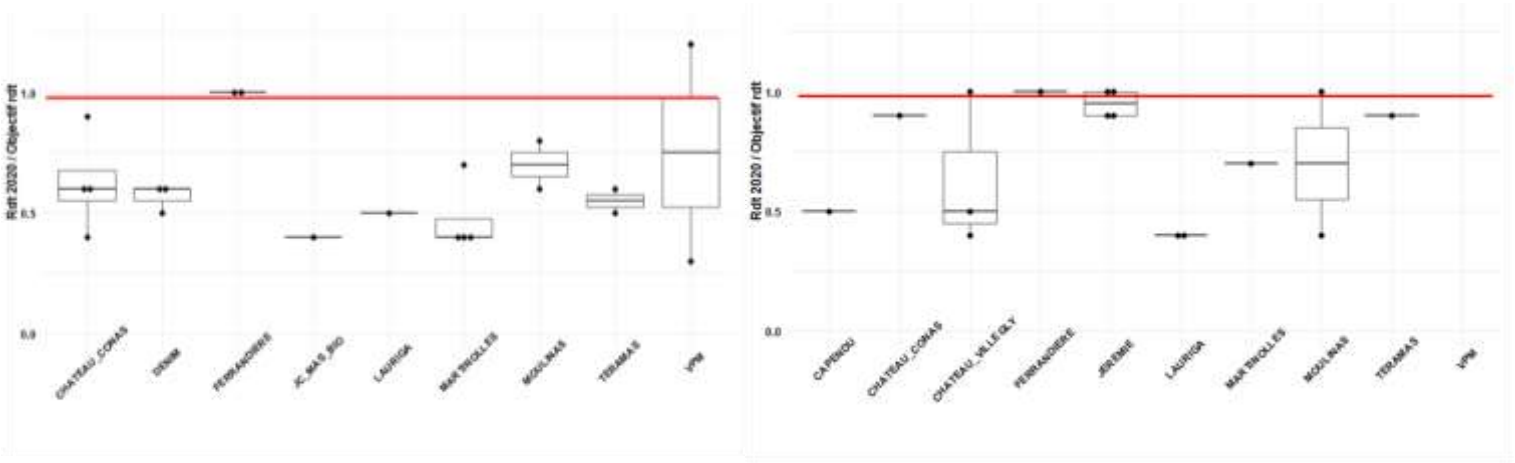


Figure 14 : Ratio des rendements 2020 sur les objectifs de rendements (en T/ha) par domaine.

Les blancs sont représentés sur la figure de gauche et les rouges sur la figure de droite. La ligne rouge représente l'atteinte de l'objectif.

Les parcelles du domaine de la Ferrandière ont tendance à atteindre leur objectif de rendement (*Figure 14*). Les parcelles étudiées ayant un écart important sont situées sur les domaines de Château de Conas, Mas Bio, Martinolles et VPM pour les blancs, et Château Villegly, Lauriga et Moulinas pour les rouges.

2.4. Problématiques soulevées

- Problématiques recensées

De nombreuses problématiques nous ont été transmises par les chefs de cultures, les plus récurrentes étant l'Esca, une vigueur faible, les difficultés liées à la conversion en AB, le gel et la présence d'escargots. Les nombres de parcelles touchées par les différents problèmes sont comptabilisés dans la *Figure 15* ci-dessous.

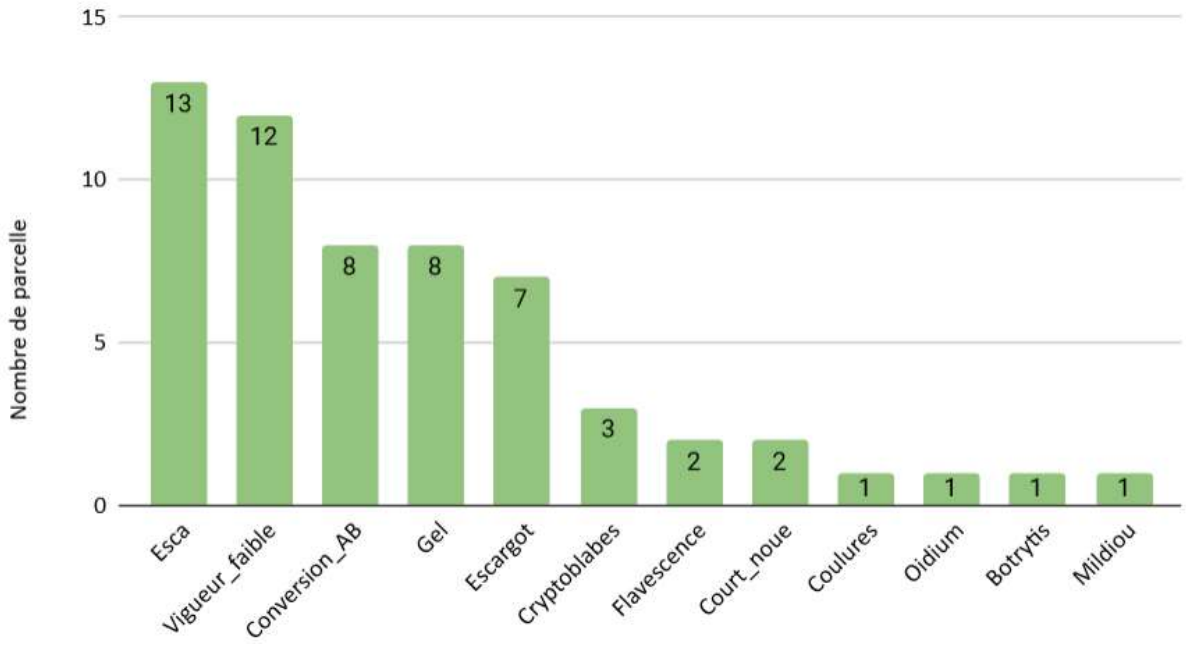


Figure 15 : Recensement des problématiques présentes sur l'ensemble des domaines.

Les problématiques non phytopathologiques ont été recensées par domaine dans la *Figure 16* suivante. La plupart des domaines font face à des manques de vigueur dans les vignes. La conversion en AB a été comptée comme "problème" car il s'agit d'un point de vigilance important pouvant influencer sur la sensibilité aux maladies notamment suite à l'arrêt de l'utilisation de certains produits qui ne sont pas autorisés par le cahier des charges de l'AB.

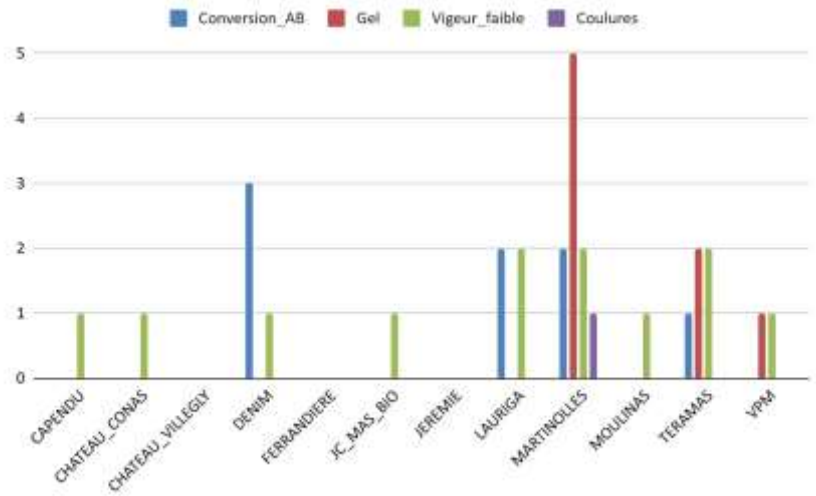


Figure 16 : Répartition des points de vigilance et problématiques non phytopathologiques pour chaque domaine.

- Problématiques phytopathologiques

D'après la *Figure 17* ci-dessous, l'esca est la maladie qui touche le plus de domaines différents. Les domaines de la Ferrandière, Château Jérémie, Teramas et VPM sont confrontés à une forte pression d'escargots (*Figure 18*). Le cryptoblabes touche des parcelles à Château de Conas et Château Lauriga, et anciennement à Terre DENIM. Les domaines Paul Mas sont assez peu touchés par l'oïdium, le mildiou et le botrytis, comme en témoigne la *Figure 17* : ces maladies ne touchent qu'une parcelle chacune, seules 3 parcelles sur les 38 étudiées ont été atteintes par ces maladies qui sont les principales en vigne. La stratégie de protection des vignobles est donc efficace.

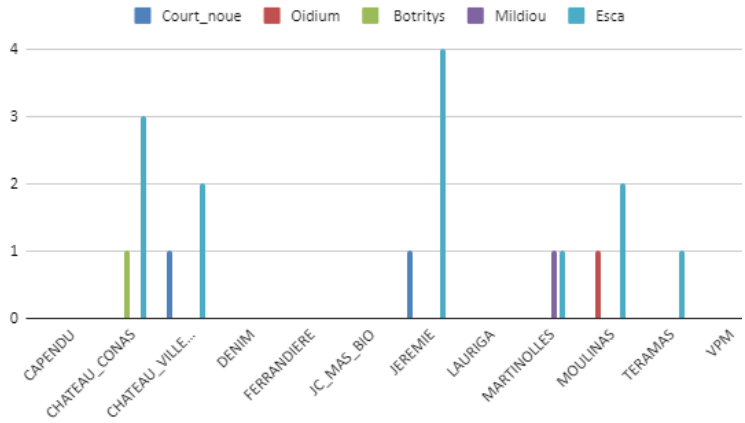


Figure 18 : Nombre de parcelles par domaine impactées par des maladies.

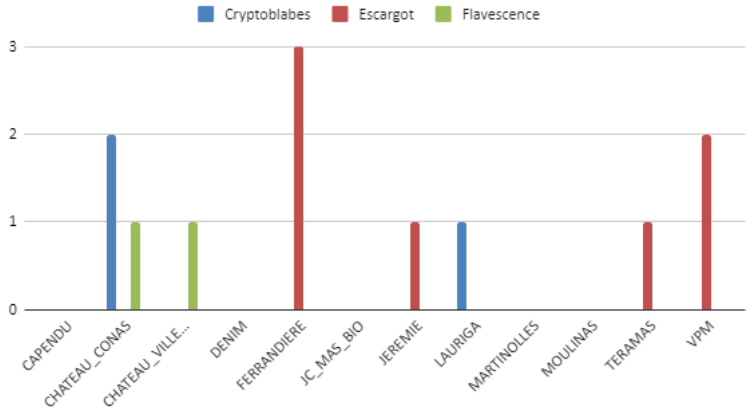


Figure 17 : Nombre de parcelles par domaine impactées par des ravageurs.

2.5. Etat des lieux des pratiques culturales

- IFT des domaines

Les *Figures 19 et 20* ci-dessous présentent les différents types d'IFT par domaine : IFT global, IFT insecticides, IFT fongicides, IFT herbicides et IFT produits de biocontrôle. La barre horizontale dans la boîte à moustache représente la moyenne des IFT par domaine, et la ligne rouge en pointillée sur chaque graphique représente la moyenne régionale pour le Languedoc hors Pyrénées Orientales [3](Agreste, 2016). On constate, sur la *Figure 19*, que les IFT globaux sur les domaines Paul Mas sont relativement élevés. En effet, alors que la moyenne régionale est de 14, les IFT sur les parcelles étudiées oscillent entre 15 et 30.

Ce constat n'est pas imputable à l'utilisation des herbicides, qui tendent à disparaître. En effet, 35 des 38 parcelles étudiées ont un IFT herbicide inférieur à la moyenne régionale (0,8) car 26 d'entre elles n'en utilisent pas du tout (voir *Figure 20*). L'IFT Biocontrôle est bien supérieur à la moyenne régionale (*Figure 20*), ce qui montre une volonté des chefs de culture d'aller vers des pratiques phytosanitaires meilleures.

L'utilisation de fongicides reste importante avec un IFT autour de 12. Ainsi, nous pouvons observer que l'utilisation de produits de biocontrôle n'a pas permis une diminution importante des IFT fongicides. Une meilleure utilisation et compréhension de l'action de ces derniers pourrait être un levier dans la réduction des IFT.

Enfin, une utilisation de PNPP (préparations naturelles peu préoccupantes comme les tisanes de prêle et saule) est faite par deux chefs de culture, sur les domaines de Teramas, Martinolles et Lauriga, démontrant une certaine volonté de réduire les IFT en améliorant la santé des vignobles.

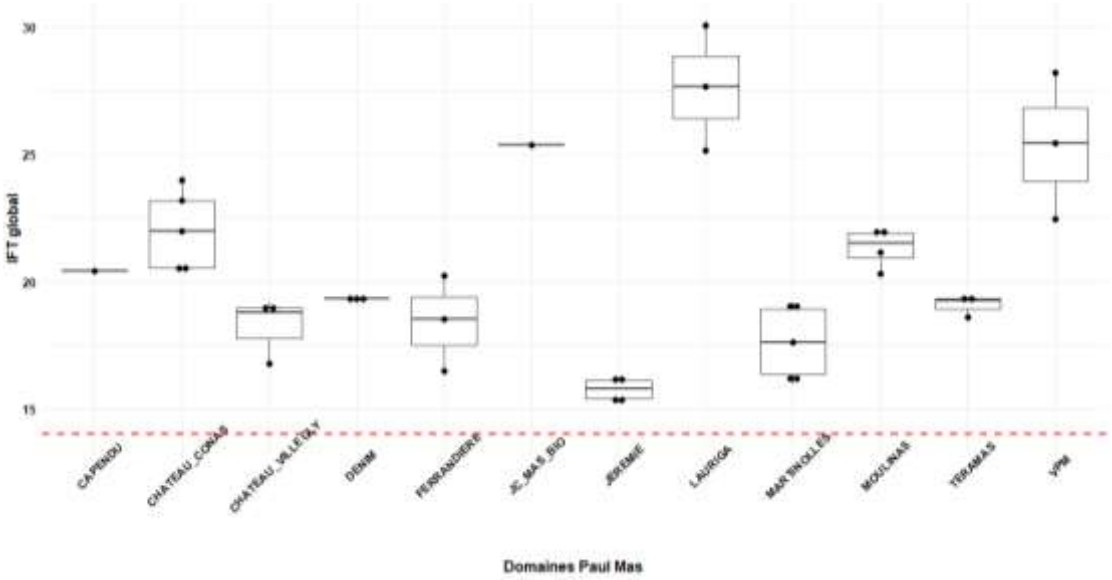
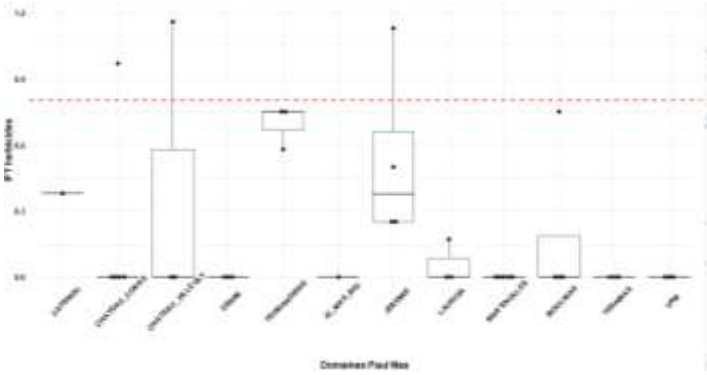


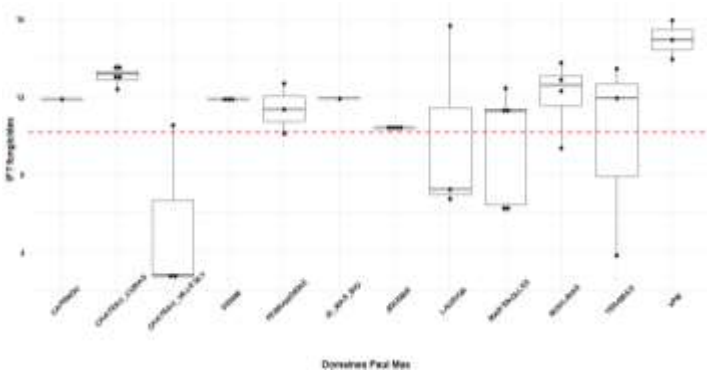
Figure 19 : IFT globaux des domaines.

La ligne rouge pointillée représente la référence régionale.

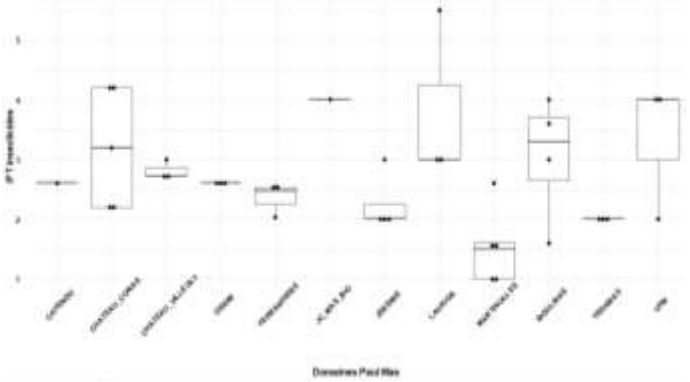
[3] Agreste, Les Dossiers -n° 2019-2 - Février 2019, Enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2016



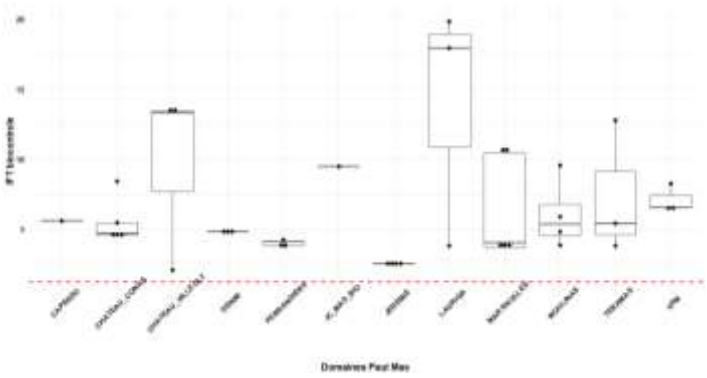
IFT herbicides



IFT fongicides



IFT insecticides



IFT biocontrôle

Figure 20 : IFT par catégorie de produits pour chaque domaine : herbicides, fongicides, insecticides, biocontrôle.

Les graphiques ci-dessus peuvent être résumés par l'histogramme suivant (*Figure 21*).

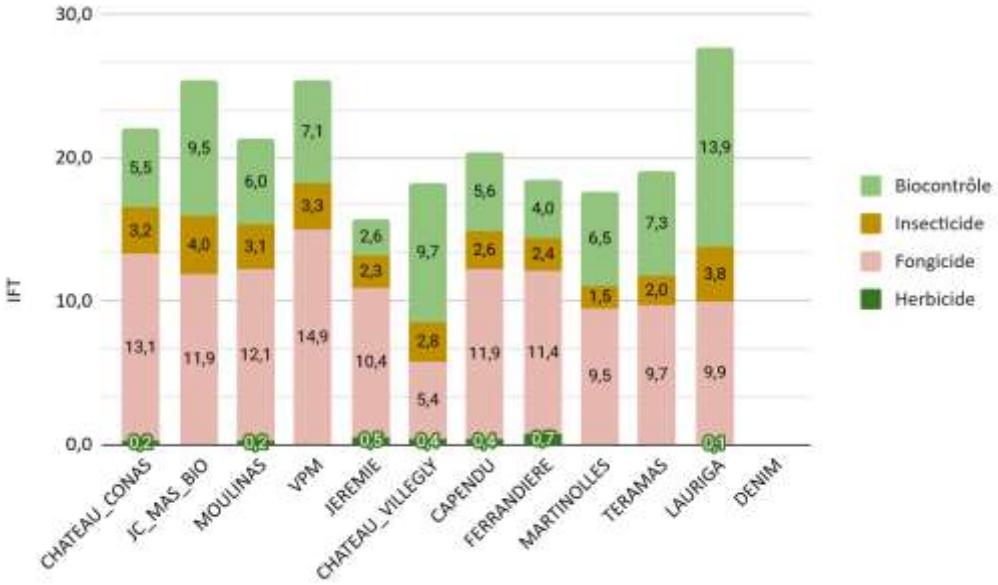


Figure 21 : Répartition des IFT en fonction des catégories de produits par domaine.

Ce graphique permet d'avoir une vue d'ensemble sur la part des différents IFT par domaine. Il ressort effectivement que l'IFT fongicide représente une part importante de l'IFT global, et que l'utilisation de biocontrôle est assez importante, notamment pour les Château Villegly ou Lauriga où cela représente plus de 50% des IFT.

- Fertilisation

Les pratiques de fertilisation sont différentes d'un domaine à l'autre en termes de quantité et de type d'apports. Les différents domaines utilisent tous des engrais organo-minéraux, avec des compléments foliaires et en oligo-éléments suivant les besoins. La grande différence se fait sur l'apport ou non d'amendement (fumier, compost végétal ...). La majorité des domaines n'apportent pas d'amendement de fond, excepté les domaines Lauriga, Terre Denim et une parcelle de Moulinas. Il s'agit pourtant d'un levier d'augmentation du taux de matière organique sur ces sols qui ont été identifiés comme pauvres. C'est donc une pratique qu'il serait très intéressant d'instaurer et raisonner sur l'ensemble des domaines Paul Mas. Les apports doivent être réfléchis à l'échelle de la parcelle, voire du domaine, après réalisation d'analyses de sol afin d'identifier le type d'amendement le plus intéressant à épandre sur la parcelle (dépendant du rapport C/N essentiellement).

Les apports NPK sont faits en quantité variable suivant les domaines, mais la tendance ressortant sur l'ensemble des domaines, voir *Figure 22*, est que l'apport moyen d'azote et de potassium est dans la normale. En revanche, les apports de phosphore sont élevés pour la majorité des domaines, excepté les domaines Conas, Moulinas, JC mas bio et Vignobles Paul Mas. Une gestion de la fertilisation phosphatée n'est pas évidente et dépend des conditions pédologiques. Elle peut se raisonner par un fractionnement des apports, une implantation de légumineuses, et des pratiques permettant un développement des réseaux mycorhiziens qui permettront une acidification du sol et ainsi une meilleure assimilation du phosphore.

La *Figure 23* montre que tous les apports d'azote sont des apports organo-minéraux avec une médiane à 50 unités/ha.

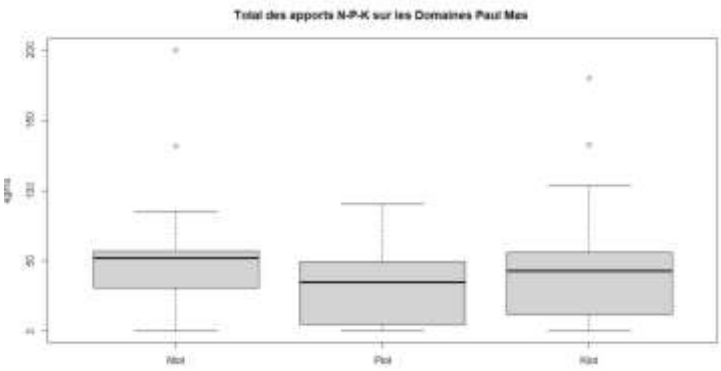


Figure 23 : Apports NPK de l'ensemble des domaines.

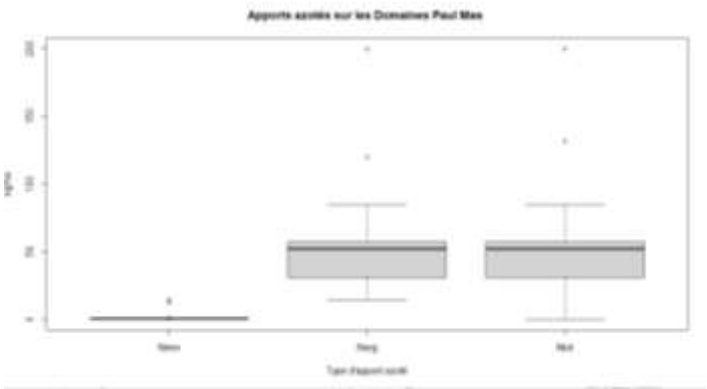


Figure 22 : Apports azotés des différents domaines.

La gestion des apports de fertilisant peut être une des explications des problèmes de vigueur observés sur certaines parcelles, et est plus détaillée dans les rapports spécifiques à chaque domaine.

- Enherbement

La quasi-totalité des parcelles enherbées présentent un enherbement temporaire, lors de la période hivernale, de durées différentes selon les parcelles, et 11 parcelles sont enherbées toute l'année (*Figure 24*). Ces parcelles ont un enherbement de 1 inter-rang sur 2 ou 1 inter-rang sur 3. L'enherbement est spontané sur 13 parcelles et semé sur 16 parcelles (*Figure 25*). Les objectifs de ces enherbements évoqués par les chefs de culture sont la portance vis à vis des passages d'engins, la limitation de l'érosion et la fertilisation (apport de matière organique et d'azote).

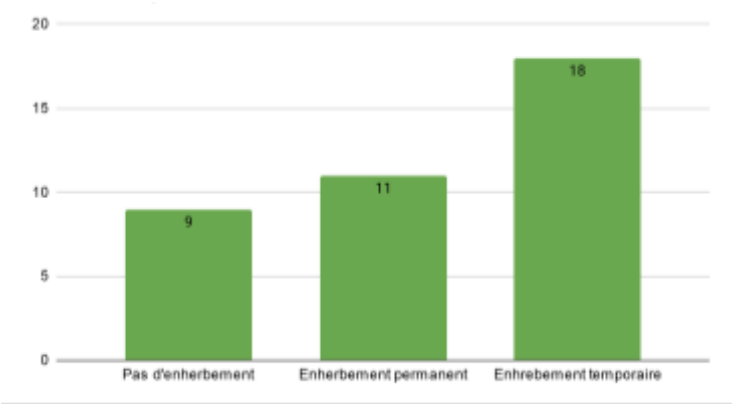


Figure 25 : Nombre de parcelles enherbées.

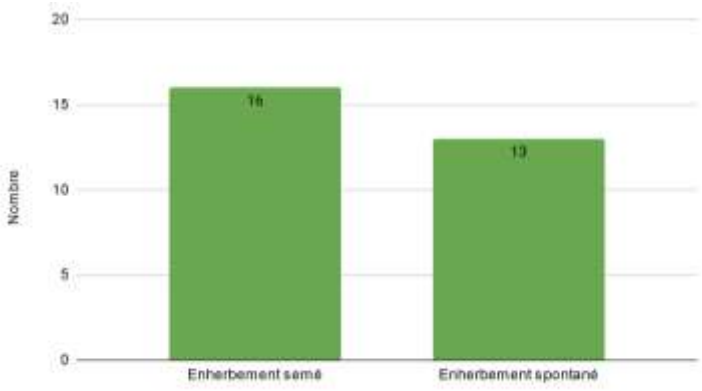


Figure 24 : Nombre de parcelles pour chaque type d'enherbement.

De manière à représenter à la fois les dimensions spatiales et temporelles de l'enherbement, un indicateur a été utilisé, le "Cover Index (CI)". Ce dernier se base sur la proportion spatiale d'enherbement et le temps de couverture du sol sur une année. Un CI compris entre 0,25 et 0,5 est moyen, entre 0,5 et 0,7 est élevé, supérieur à 0,7 est très élevé.

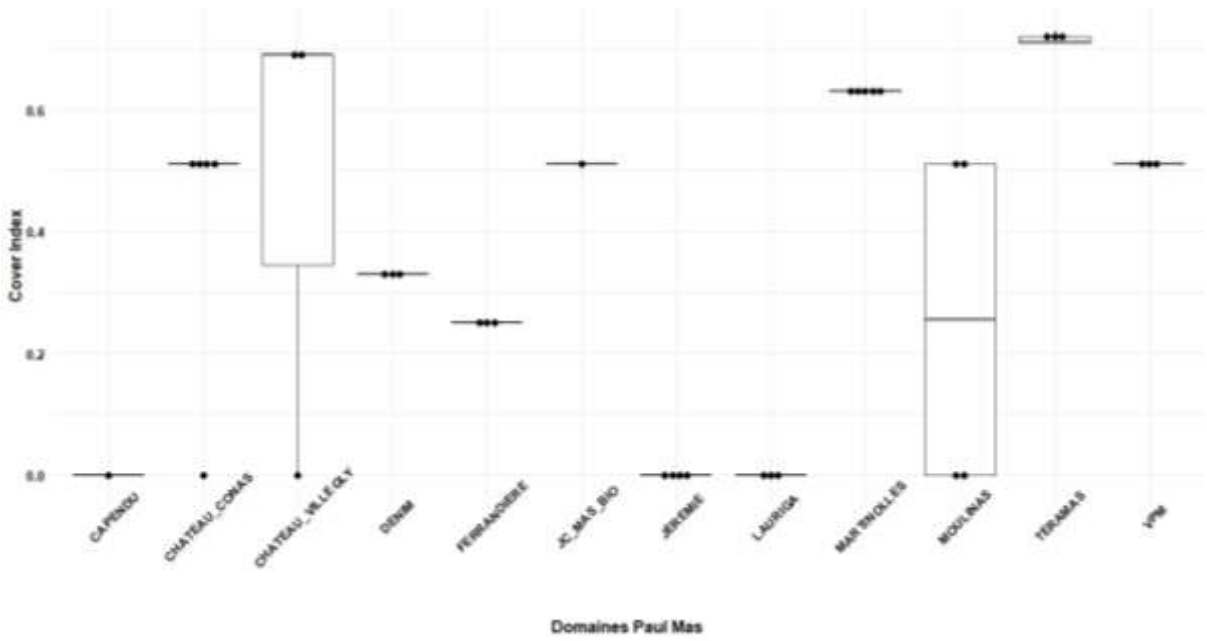


Figure 26 : Cover index des parcelles de chaque domaine.

D'après la *Figure 26*, les domaines de Château de Conas, JC Mas Bio, Martinolles, Teramas et VPM se distinguent par un Cover Index élevé (supérieur à 0,5). Les châteaux Villegly et Moulinas ont la particularité d'avoir des parcelles enherbées et d'autres non, ce qui explique pourquoi le Cover Index est positif sur certains individus, et est nul pour d'autres.

- Irrigation

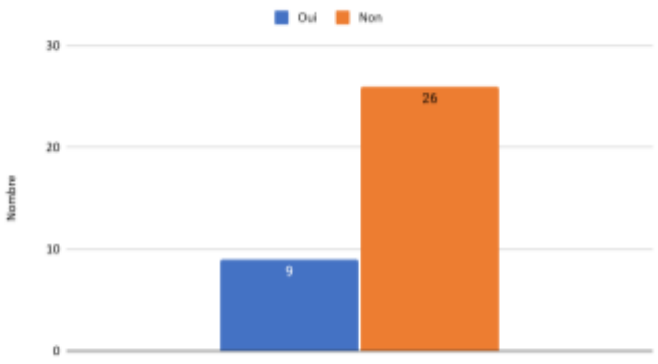


Figure 27 : Nombre de parcelles irriguées.

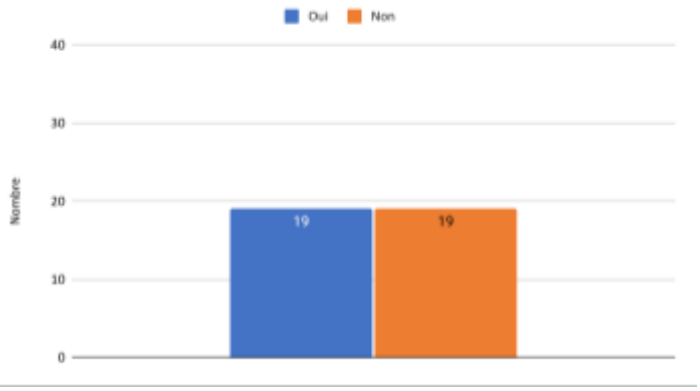


Figure 28 : Nombre de parcelles ayant accès à l'eau.

Sur les 38 parcelles étudiées, 9 possèdent un système d'irrigation par goutte à goutte (*Figure 27*). Actuellement, la stratégie d'irrigation repose essentiellement sur des observations visuelles de l'état hydrique des plantes et lorsqu'elles sont disponibles, sur la consultation des données pluviométriques. La prise de décision n'est pas des plus optimale et une réflexion sur la prise de décision du déclenchement de l'irrigation et de la dose d'eau à apporter fait ainsi parti de la liste de pratiques qui peuvent être amélioré pour s'inscrire dans la démarche agroécologique qu'entreprennent les Domaines Paul Mas.

- Travail du sol et passages d'engins

Les pratiques et fréquences de travail du sol ont été recensées sur les domaines. Les objectifs de ces travaux sont le désherbage, le décompactage, l'enfouissement des résidus de culture et le buttage vis-à-vis des problématiques de gel. Le travail du sol, notamment s'il est profond et s'il retourne la terre, peut avoir un impact relativement important sur l'activité biologique du sol et l'équilibre de l'écosystème (perturbation des réseaux mycorhiziens, des galeries de vers de terre, enfouissement de la matière organique…).

Les profondeurs de travail du sol et les fréquences de passage sont donc de bons indicateurs de la perturbation possible de l'équilibre de l'écosystème sol.

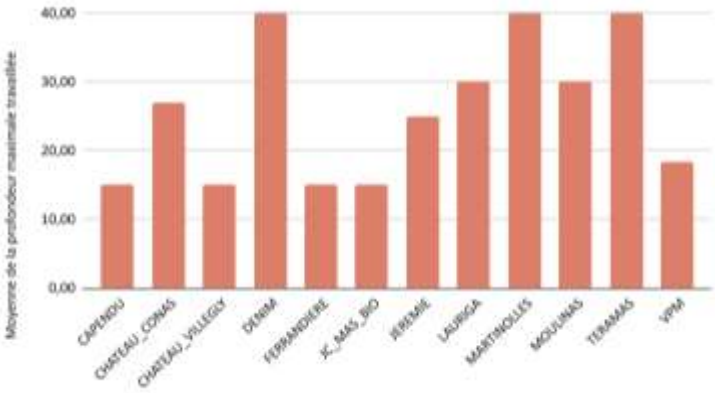


Figure 30 : Moyenne de la profondeur maximale travaillée par domaine.

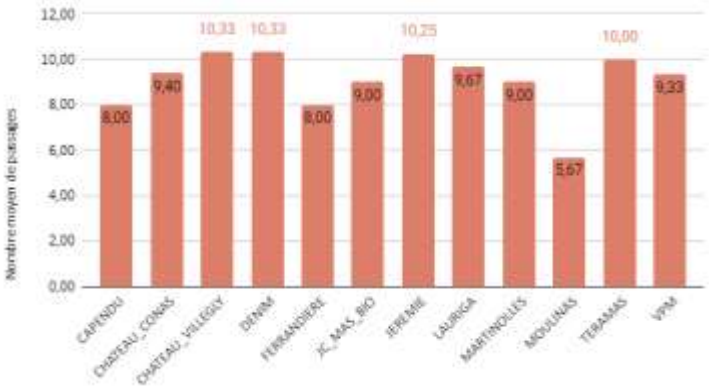


Figure 29 : Nombre moyen de travaux du sol sur les parcelles par domaine.

La profondeur de travail du sol est assez hétérogène entre les domaines, variant entre 15 et 40 cm (*Figure 29*). Les domaines de Capendu, Villegly, Ferrandière et JC Mas Bio se démarquent par des travaux du sol peu profonds, signe d'une perturbation à priori moins importante de leurs sols. Le nombre de travaux du sol oscille quant à lui entre 6 (Château Moulinas se démarquant) et 10 passages en moyenne, valeur assez élevée, notamment dû à la nécessité de désherber mécaniquement, et la régularité des travaux de décompactage (*Figure 30*).

Le nombre total de passages d'engins est présenté sur la *Figure 31*, où les passages ont été différenciés suivant la pratique culturale (fertilisation, traitements phytosanitaires, vendanges, travaux du sol). Le nombre total de passages est relativement élevé, excepté pour le domaine Terre Denim dont le nombre de passages moyen est de 14. Nous pouvons voir que c'est en grande partie expliqué par les passages phytosanitaires ainsi que par les travaux du sol. Ce nombre de passages indique qu'il faut être vigilant concernant le risque de compaction du sol.

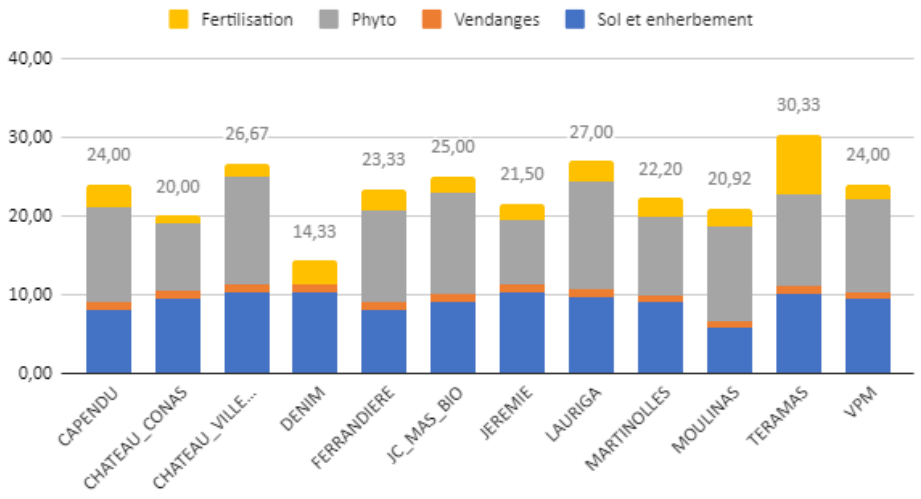


Figure 31 : Nombre de passages d'engins moyen par domaine et par acte cultural.

3. Analyse des ressemblances parcellaires

Cette partie synthétise les résultats de nos analyses afin de déterminer si, à l'échelle des domaines Paul Mas, des parcelles sont similaires en termes d'itinéraire technique et de gestion agroécologique. Il s'agit notamment de déterminer si des similitudes peuvent ressortir entre des parcelles gérées par des chefs de culture différents. Dans ce cas, les problématiques de ces parcelles pourraient être comparées et résolues en commun. Si ce n'est pas le cas, alors le principal levier d'action sera bel et bien au niveau de chaque chef de culture pour la gestion des problématiques et l'état agroécologique des parcelles. Ceci sera notamment développé dans chaque rapport individuel.

Dans un premier temps nous avons utilisé les données récoltées lors des enquêtes pour regrouper les parcelles à problèmes en fonction de leurs itinéraires techniques. L'objectif est de caractériser et regrouper les parcelles en fonction du travail du sol, du nombre de passages d'engins, des traitements phytosanitaires et de la fertilisation.

Dans un deuxième temps nous avons construit des indicateurs agroécologiques représentant trois dimensions agroécologiques (détail en *Annexe 1*) :

Dimension pression phytosanitaire, incluant l'utilisation de produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle (insecticide, herbicide, fongicide et biocontrôle). Un indicateur de cette dimension est l'**IFT (indice de fréquence de traitement) global**. Plus la parcelle présente un IFT global important, moins elle est caractérisée comme ayant un bon niveau agroécologique. Cependant, les IFT globaux sont parfois caractérisés par une part importante de biocontrôle, ce qui permet de relativiser un IFT global élevé en termes agroécologiques. Pour faire transparaître cela, un second indicateur phytosanitaire a été calculé : le **rapport entre IFT biocontrôle et IFT global**. Deux autres indicateurs s'ajoutent en complément à cette dimension, dont l'**utilisation de PNPP** (Préparation Naturelles Peu Préoccupante), ainsi que l'**utilisation ou non d'un pulvérisateur antidérive.**

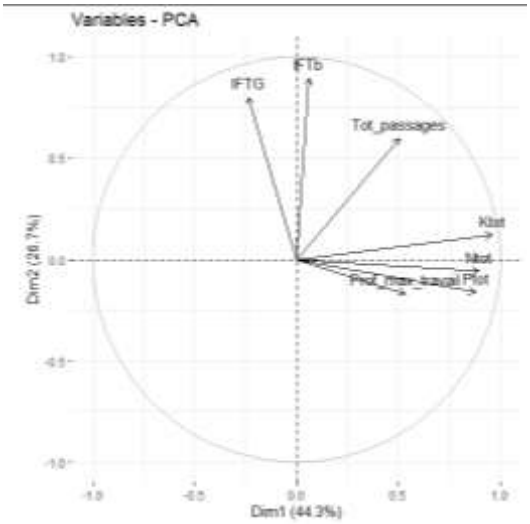
Dimension protection des sols, qui nous indique si la gestion des sols limite la compaction et le tassement et favorise l'organisation structurale des sols. Trois indicateurs sont utilisés dont le **nombre de passages d'engins totaux** sur un an sur la parcelle, qui est corrélé positivement au risque de

compaction des sols; l'indicateur **profondeur maximale travaillée** qui avertit sur la perturbation structurale des sols en profondeur qui a un impact négatif sur l'équilibre biologique des sols; et le **taux de couverture** qui renseigne sur la protection du sol face à l'érosion, la prévention de la compaction du sol ainsi que la biodiversité présente sur la parcelle.

Ces sept indicateurs vont nous permettre de faire un second état des lieux sur l'effort agroécologique de chaque parcelle pour les quatre dimensions. Nous pourrons :

- regrouper les parcelles qui se ressemblent en termes d'agroécologie.
- caractériser les forces et les faiblesses de chaque parcelle en termes d'agroécologie.

3.1. Regroupement par pratiques culturales similaires



La *Figure 32* présente le cercle des corrélations des pratiques culturales avec : IFT Global (IFTG), IFT Biocontrôle (IFTb), le total de passages d'engins (Tot_passages), la profondeur maximale travaillée (Prof_max_travail) et la fertilisation NPK totale (Ntot, Ptot, Ktot).

Au niveau des corrélations, on peut voir que les variables IFTG et IFTb sont proches donc bien corrélées ceci nous permet de dire que les IFT Globaux sont très dépendants des IFT Biocontrôle, donc les IFT Globaux forts ont des IFT Biocontrôle forts aussi.

Figure 32 : Cercle de corrélations des variables (pratiques culturales) étudiées.

De plus, les variables de fertilisation Ntot, Ptot et Ktot sont aussi bien corrélées positivement, ceci nous permet de dire que les fertilisations en macroéléments sont majoritairement faites en formulation NPK et donc pas forcément ajustées pour un seul élément.

La *Figure 33* présente la projection des parcelles sur le même repère. Ceci nous permet de voir l'influence des différentes pratiques agricoles des Domaines Paul Mas sur les parcelles. Par exemple, toutes les parcelles qui se situent à gauche de l'axe horizontal présentent des taux de fertilisation NPK importants par rapport aux autres, et celles qui se situent à droite ont des taux de NPK plutôt faibles par rapport aux autres. Pour l'axe vertical, les parcelles qui sont au-dessus sont celles qui présentent des IFT globaux et biocontrôle les plus élevés alors que celles qui sont en-dessous sont celles qui ont les IFT les plus faibles.

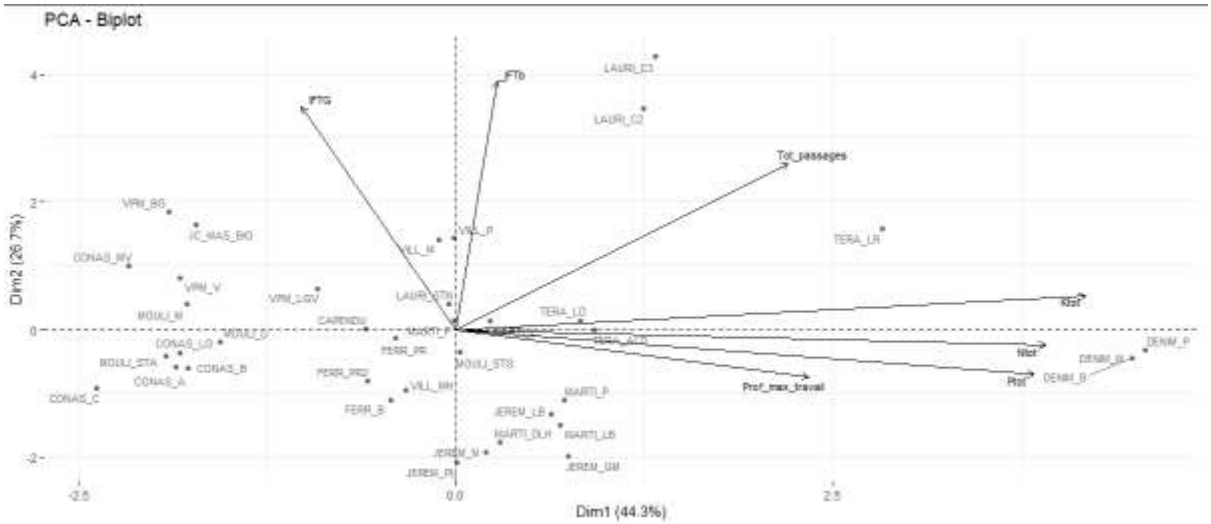


Figure 33 : Projection des parcelles et des variables pratiques culturales sur le même repère.

La *Figure 34* présente la classification hiérarchique réalisée sur la projection des pratiques culturales et des parcelles vu précédemment (*Figure 33*). Cette classification s'organise en cinq groupes composés de parcelles comprenant le même type de pratiques culturales.

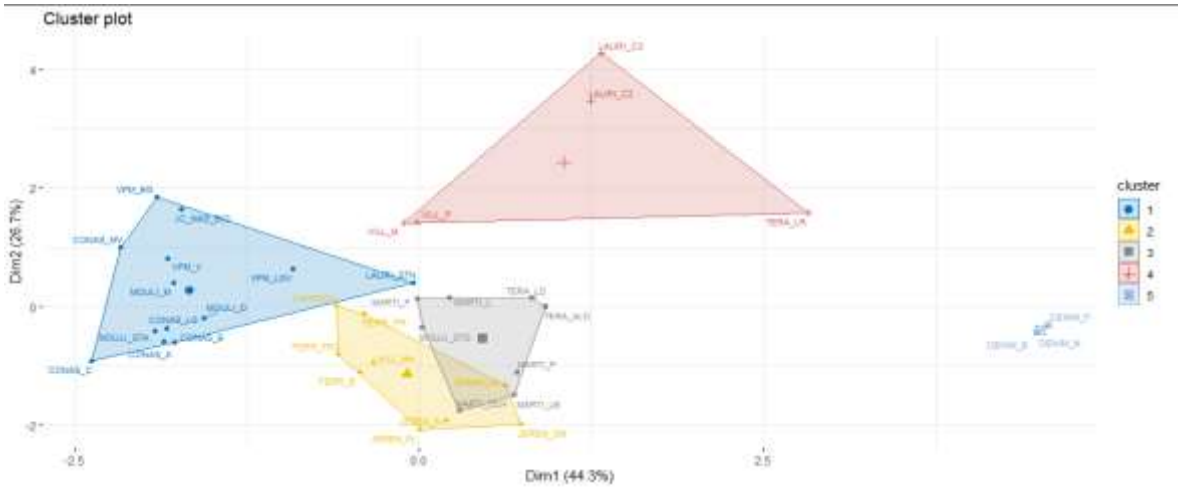


Figure 34 : Regroupement des parcelles avec des pratiques culturales proches.

Le groupe 1 est composé des parcelles des domaines Château Conas, Moulinas, VPM, JC Mas Bio ainsi que de la parcelle St-Nicolas de Lauriga. Ces parcelles sont caractérisées par des IFT globaux assez élevés avec une valeur moyenne de 23,2. Elles possèdent aussi des fertilisations NPK plus faibles que les autres parcelles étudiées avec en moyenne 23 kg d'azote, 7 kg de phosphore et 16 kg de potassium. Enfin, elles sont également caractérisées par un nombre de passages d'engins agricole plus faible que les autres avec en moyenne 22 passages au cours de l'année.

Le groupe 2 réunit les parcelles des domaines de la Ferrandière, Capendu et Château Jérémie et de la parcelle Métairie Haute de Villegly. Ces parcelles sont caractérisées par des IFT globaux et des IFT biocontrôle plus faibles que les autres parcelles avec en moyenne un IFT total de 17,3 et 3,3 pour le biocontrôle. Ces parcelles présentent un travail du sol moins profond avec une profondeur moyenne maximale de 20 cm.

Le groupe 3 est composé des parcelles des domaines Martinolles et Teramas. Les parcelles de ce groupe sont proches du groupe 2 avec des valeurs en IFT proches mais une profondeur de travail maximale plus importante allant jusqu'à 38 cm.

Le groupe 4 est composé des parcelles Capeille 2 et 3 du Domaine Lauriga, de deux parcelles en AB du domaine Villegly et de la parcelle Las Roquos de Teramas. Ces cinq parcelles sont caractérisées par les IFT biocontrôle les plus forts des parcelles étudiées. On a en moyenne dans ce groupe un IFT global de 22,8 et un IFT biocontrôle de 15,5. Ces parcelles présentent une lutte phytosanitaire composée de plus de 65% de produits en biocontrôle dont essentiellement du soufre.

Le groupe 5 est composé des parcelles du domaine Denim. Ces trois parcelles sont caractérisées par les apports NPK par hectare les plus importants des parcelles étudiées avec en moyenne 207 kg d'azote, 179 kg de potassium et 114 kg de phosphore. Ces apports sont principalement de nature organique avec pour vocation de redresser les pourcentages de matière organique et de maintenir une bonne activité biologique des sols. Ces teneurs en NPK sont directement reliées à un apport de compost fait l'hiver dernier.

3.2. Positionnement vis-à-vis des pratiques agroécologiques

La partie qui suit présente le regroupement des parcelles selon leurs pratiques agroécologiques (regroupées selon les 7 indicateurs ci-dessus), ainsi que des pistes d'amélioration qui seront développées plus amplement dans les rapports individuels.

L'arbre de classification hiérarchique (*Figure 35*) rassemble les parcelles dont les indicateurs agroécologiques sont les plus proches, pour en faire des groupes. Ici, les ressemblances les plus pertinentes ont mené à l'élaboration de cinq groupes. Les parcelles au sein de ces groupes peuvent être considérées comme proches par rapport à leur niveau agroécologique, et il sera possible d'en analyser les forces et les faiblesses.

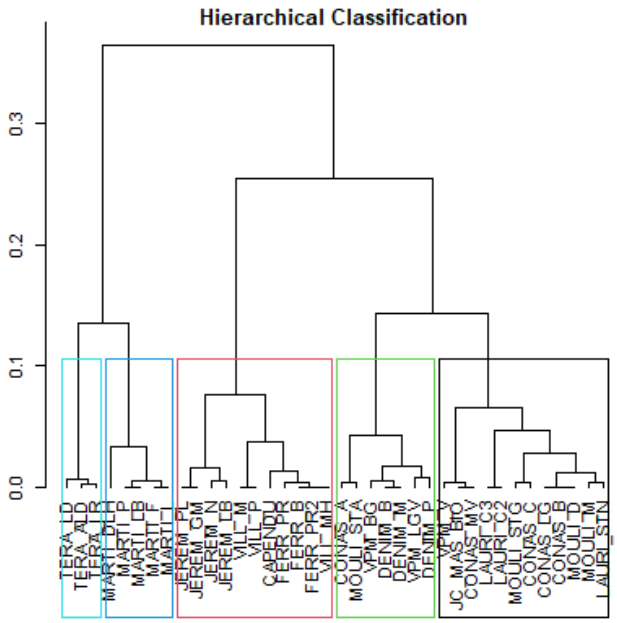


Figure 35 : Arbre de regroupement des parcelles par groupe agroécologique.

On peut tout d'abord remarquer que la responsabilité des chefs de culture est très importante dans la constitution des groupes. En effet, la plupart du temps, les groupes sont constitués totalement ou très majoritairement par des parcelles d'un même domaine. Seul le domaine Lauriga est clairement rapproché des domaines JC Mas Bio, Château de Conas et Moulinas en termes d'agroécologie. Le domaine Denim a aussi tendance à se rapprocher du domaine VPM.
La *Tableau 36* ci-dessous décrit les forces et faiblesses de chaque groupe en fonction d'indicateurs agroécologiques.

Tableau 2 : Regroupement des parcelles par groupe agroécologique.

En gras, les éléments discriminants pour la formation des groupes. Du vert au rouge = du plus agroécologique au moins agroécologique.

Dimension		Pression phytosanitaire		Raisonnement phytosanitaire		Protection des sols		
	Domaines et Parcelles	IFT	IFTb/IFT	Utilisation de PNPP	Pulvérisateur antidérive	Nombre de passages	Profondeur max travail du sol	Indice de couverture
Groupe 1	Lauriga Moulinas (STG, D, M) Château de Conas (B, C, LG, MV) JC Mas Bio VPM (V)	**Très élevé**	Moyen à très élevé	Oui (Lauriga) Non (autres)	**Non**	Faible à très élevé	Faible à moyen	Faible à moyen
Groupe 2	Denim VPM (BG, LGV) Château de Conas (A) Moulinas (STA)	**Très élevé**	**Elevé**	**Non**	Oui (Denim) Non (autres)	Moyen à très élevé	Faible à élevé	**Moyen**
Groupe 3	Château Villegly Ferrandière Château Jérémie Capendu	Elevé à très élevé	Moyen à très élevé	**Non**	**Oui**	Moyen à très élevé	**Faible à moyen**	Faible à élevé
Groupe 4	Martinolles	**Elevé**	Moyen à très élevé	**Oui**	**Non**	Moyen à élevé	**Elevé**	**Elevé**
Groupe 5	Teramas	**Elevé**	Moyen à très élevé	**Oui**	**Non**	**Très élevé**	**Elevé**	**Très élevé**

Le groupe 1 réunit les parcelles du domaine Lauriga, JC Mas bio, la majorité des parcelles des domaines Moulinas et Château de Conas, ainsi qu'une parcelle du domaine VPM. Ces parcelles ont été regroupées car elles sont fortement caractérisées par leurs IFT et l'absence de pulvérisateur antidérive sur le domaine. Cependant, certaines parcelles ont une part très élevée de biocontrôle dans ces IFT (Lauriga C2 C3, Moulinas M, Château de Conas MV, JC Mas Bio). Une autre caractéristique de ces parcelles est leur faible indice de couverture.
Pour ces parcelles, il semblerait que réduire la pression phytosanitaire au sein de la parcelle mais également dans son environnement avec des outils adaptés soit un premier axe d'action agroécologique. Vient ensuite l'installation d'une biodiversité à la parcelle en travaillant sur la couverture des inter-rangs. Finalement, pour la protection des sols, il est positif de travailler le sol moins fréquemment et à des profondeurs de travail faibles (sauf Lauriga C2 C3).

Le second groupe rassemble les parcelles du domaine Denim et le reste des parcelles des domaines VPM, Moulinas et Château de Conas. Le regroupement de ces parcelles se base sur des IFT très élevés avec une proportion de biocontrôle élevée, la non-utilisation de PNPP et des indices de couverture moyen.

Les IFT biocontrôle de ces parcelles étant les plus élevés, l'impact agroécologique des IFT globaux peut être relativisé. Un axe de travail agroécologique en termes phytosanitaires peut être la mise en place d'essais d'utilisation de PNPP qui pourrait à long terme réduire les IFT globaux. Pour ce qui est du sol, selon les parcelles, le nombre de passage ou la profondeur de travail sont parfois élevés, et l'indice de couverture est moyen. Ceci pourrait entraîner des problèmes de compaction, d'érosion ou de baisse d'activité biologique.

Le groupe 3 rassemble toutes les parcelles des domaines Château Villegly, Capendu, Château Jérémie et le domaine de la Ferrandière. Elles sont caractérisées par l'absence d'utilisation de PNPP, et la présence de pulvérisateur antidérive sur les domaines. On peut également faire ressortir des profondeurs de travail du sol très modérées sur ces parcelles, ce qui peut favoriser un équilibre biologique des sols.
Le taux de couverture est plutôt faible, même si deux parcelles du domaine Château Villegly se démarquent avec des taux élevés. Il serait donc possible d'amener plus de biodiversité en instaurant des enherbements adaptés. Comme pour le groupe 2, la mise en place d'essais d'utilisation de PNPP et de biocontrôle pourrait à long terme augmenter la proportion biocontrôle des IFT globaux, voire réduire les IFT globaux.

Le groupe 4 présente les parcelles du domaine Martinolles. Ce domaine forme un groupe du fait de l'utilisation de PNPP, d'indices de couverture élevés, et une profondeur maximale de travail du sol élevée. En parallèle, les IFT sont élevés et il n'y a pas de système antidérive sur les pulvérisateurs.
Les IFT parcelles Faure et Ladern ont des proportions de biocontrôle très élevées, et il serait intéressant de travailler sur les trois autres parcelles pour diminuer la pression phytosanitaire. La réduction du travail profond tout en diminuant le nombre de passages pourrait être intéressante pour favoriser l'activité biologique des sols.

Enfin, le groupe 5 rassemble les parcelles du domaine Teramas. Ce groupe est similaire au groupe 4, mais le taux de couverture est cette fois-ci très élevé, ce qui permet de relativiser le nombre de passages d'engins sur ces parcelles qui est aussi plus élevé. En revanche, il serait important ici de limiter le travail profond si l'on cherche à rétablir un bon équilibre pédologique.

- **Synthèse des résultats**

Bien que les analyses montrent que des parcelles de domaines différents sont comparables tant sur un plan de gestion technique (Teramas, Lauriga et Château Villegly par exemple) que sur un plan agroécologique (Denim, VPM, Moulinas et Château de Conas), l'analyse montre globalement que les domaines Paul Mas sont différents entre eux sur ces points. C'est donc bel et bien à l'échelle des domaines sous la direction d'un même chef de culture que les résolutions des problématiques ainsi que l'amélioration des pratiques agroécologiques peuvent se faire. Les rapports individuels par domaines seront donc plus pertinents pour proposer des recommandations par parcelle.

Cependant, ces analyses permettent de soulever certains points importants, notamment par rapport aux objectifs agroécologiques.
Tous les domaines présentent une faiblesse en termes de pression phytosanitaire, avec des IFT élevés par rapport à la référence régionale. Sur ce même sujet, certains domaines sont plus réticents que

d'autres à l'utilisation de PNPP, ce qui est justifié par le manque de données sur la réelle efficacité de ces produits.

Il y a une grande disparité dans les pratiques d'enherbement entre les parcelles. Pourtant, il semblerait que ce soit un sujet auquel tous les chefs de culture s'intéressent. Le choix des espèces du mélange, les réels bénéfices en termes d'apport nutritifs pour le sol et la gestion de l'enherbement au cours de la saison sont les questionnements les plus fréquents. En essayant d'y répondre, il serait possible d'augmenter les aspects biodiversité et protection des sols des parcelles des domaines.
Enfin, pour ce qui est de l'aspect travail du sol, là encore les pratiques sont très diverses. Les sols peuvent être régulièrement travaillés en profondeur ou majoritairement en surface. Des questionnements sont en effet ressortis autour de l'état réel des sols des parcelles (peu d'études de fosses pédologiques, analyses anciennes, etc.).

Tous ces points seront donc développés dans la suite du rapport.

- **Limites de l'analyse**

Les analyses présentent plusieurs limites qu'il est important de souligner.

Les indicateurs agroécologiques ont été construits avec les données que nous avons pu rassembler via les questionnaires. De ce fait, ils ne sont pas toujours les plus pertinents et les plus sensibles (peu d'informations sur le sol notamment). Ils ne reflètent pas non plus l'histoire de la parcelle, mais bien la saison 2019-2020, durant laquelle certaines pratiques ont été mises en place à cause d'une pression climatique inhabituelle. Cependant, des indicateurs comme les IFT et l'indice de couverture sont plus pertinents.
Cette analyse porte sur des parcelles qui présentent des problématiques importantes. Elle ne reflète donc pas tous les itinéraires techniques et toutes les pratiques agroécologiques qui peuvent être mis en place à l'échelle de chaque domaine. Il pourrait cependant être intéressant d'approfondir cela à l'échelle des domaines Paul Mas avec des méthodes d'analyse de durabilité des domaines, et de comparer les parcelles à problèmes avec les parcelles satisfaisantes.

4. Leviers d'action agroécologiques

L'exploration des données et la création de groupes de parcelles nous a montré plusieurs choses :

- Il y a une grande diversité de pratiques mise en place sur les différents domaines
- Cette diversité dépend de chaque chef de culture
- Les domaines de chaque chef de culture possèdent leurs propres forces et faiblesses agroécologiques.

Les entretiens avec chaque chef de culture nous ont aiguillé sur les problématiques spécifiques de chaque chef de culture, et cela sera développé dans les rapports individuels. Ici, nous reprenons les problèmes ou interrogations qui ont pu nous être présentés par plusieurs chefs de culture. Il s'agit de réaliser des préconisations plus générales, autour de chaque axe cultural, qui peuvent être réfléchies sur les différents domaines. Les différents leviers évoqués dans ce rapport et dans les rapports individuels destinés aux chefs de culture sont détaillés dans *l'Annexe 2*.

4.1. Préconisations générales

Premièrement, il pourrait être intéressant d'installer une station météorologique dans chaque domaine, ce qui permettrait d'obtenir des données climatiques sur la pluviométrie, les températures et les besoins en eau (ETP) de la vigne. En effet, se baser uniquement sur des données météorologiques obtenues via des stations trop éloignées ne pourrait conduire qu'à des approximations trop grossières et donc probablement des erreurs. Une station météorologique permettrait de mieux raisonner les stratégies de protection du vignoble, de gestion de l'enherbement et de déclenchement de l'irrigation. Par exemple pour connaître les périodes à risques en ce qui concerne la pression des maladies fongiques ou alors savoir plus précisément les besoins en eau de la vigne. On utiliser la formule suivante : $\mathbf{ETP_{vigne} = ETP*Kc}$ avec ETP l'évapotranspiration potentielle obtenue via la station météorologique et Kc un coefficient valant 0,2 du débourrement à la floraison et 0,5 de la floraison à la vendange. Le résultat de cette formule s'exprime en millimètre d'eau et est à comparer à la pluviométrie pour gérer l'irrigation ou l'enherbement.

Deuxièmement, il est important de bien connaître le sol de la parcelle. Pour cela, faire (ou refaire) une analyse de sol complète pour chaque parcelle, voire pour chaque bloc si la parcelle présente des zones très hétérogènes, semble être nécessaire pour s'assurer de la présence éventuelle de carences minérales, de problèmes de texture ou de structure du sol pouvant limiter la disponibilité de l'eau pour la vigne.

Enfin, il pourrait être intéressant de creuser des fosses pédologiques dans les parcelles pour compléter les analyses de sol. Cela permettra de connaître la texture, la structure, le pourcentage de cailloux de chaque strate du sol, d'avoir une estimation de l'épaisseur de sol sur la parcelle et de révéler d'éventuels problèmes d'hydromorphie. L'analyse des fosses pédologiques pourra également permettre de connaître le type de développement racinaire, information importante pour l'irrigation et l'enherbement. Par exemple, si des zones de compaction sont identifiées dans l'analyse du profil de sol alors la mise en place d'un enherbement pourrait représenter une solution pour décompacter le sol.

4.2. Irrigation

Dans cette partie nous proposons différentes méthodes permettant de raisonner plus efficacement la stratégie d'irrigation.

Tout d'abord il faut noter que le pilotage de l'irrigation se fait à partir d'observations et de mesures réalisées sur le sol et/ou la plante et que les apports se réfléchissent en fonction des objectifs de production en termes de rendement et de type de vin. Le graphique ci-dessous (*Figure 36*), explique l'état hydrique du vignoble qui doit être visé en fonction des objectifs de production. Une vigne sans contrainte hydrique produira un plus gros volume de raisins mais de qualité moindre. Une vigne sous contrainte hydrique modérée produit des baies moins volumineuses mais plus concentrées en composés phénoliques et aromatiques. Cependant si le stress hydrique est trop important, la vigne souffre trop du manque d'eau et tous ses aspects productifs sont affectés[4].

[4] Deloire, Alain, 2008. Irrigation de la vigne : synthèse. Article consultable au http://www.obs-viti-cg34.com (version du 21 août 2008).

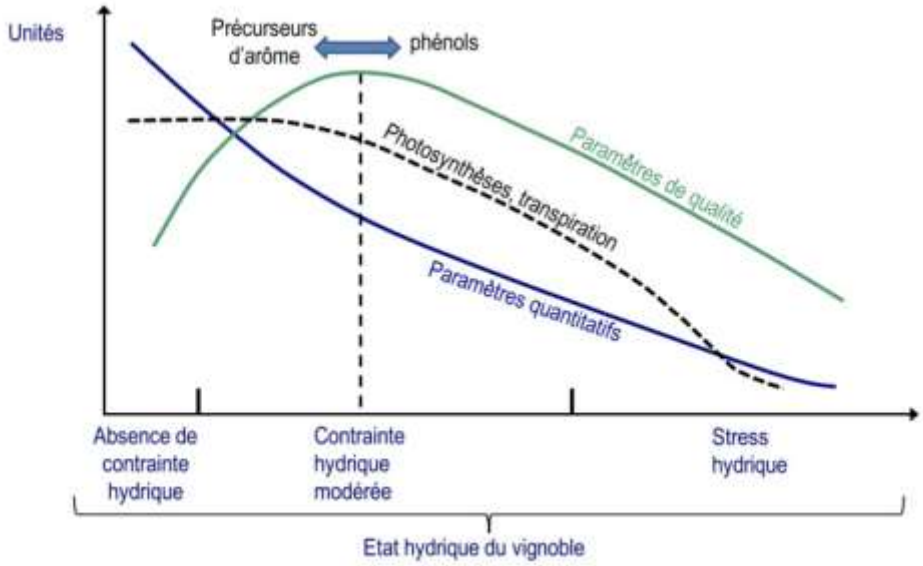


Figure 36 : Influence de l'état hydrique sur les paramètres qualitatifs, quantitatifs et physiologiques du vignoble (Ojeda and Saurin 2014).

Il faut aussi prendre en compte que le choix des techniques, de mesures de l'eau et de pilotage de l'irrigation, sont conditionnés par les situations pédologiques ainsi que par l'implantation des systèmes racinaires de la vigne. Ces caractéristiques imposent de bien réfléchir à la représentativité des mesures qui rendent compte de l'état hydrique de la parcelle. On cherche donc à estimer la quantité d'eau présente dans le sol et utilisable par la vigne ou l'état hydrique des plantes, donc d'avoir une vision de l'irrigation par l'offre et/ou par la demande.

Quelques outils de pilotage par l'offre en eau

La tensiométrie **:** La tension d'eau dans le sol caractérise les forces de liaison terre-eau et indique le potentiel hydrique du sol et donc la capacité de la plante à extraire via ses racines l'eau du sol. Elle se mesure à l'aide d'un tensiomètre. Avec ce type de mesure on a accès à une mesure rapide mais il est cependant difficile d'aller en profondeur (>60cm en fonction du type de sol, présence cailloux, etc..). On associe souvent plusieurs sondes pour avoir une idée du profil hydrique de tout le sol, cependant cela ne permet pas de connaître l'état hydrique de la plante et ses réels besoins hydriques[5]. Il est essentiel de bien penser la répartition des tensiomètres en fonction de l'hétérogénéité de la parcelle en tenant évidemment compte du coût d'installation.

Outils de pilotage par la demande en eau

La demande climatique

Il est possible d'utiliser la demande climatique pour la gestion de l'irrigation en vigne, la demande se base sur l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui prend en compte les pertes en eau par évaporation de la surface terrestre et par la respiration des plantes. Pour la vigne, l'ETP dépend aussi du système de conduite et de la hauteur de la haie foliaire. La stratégie d'irrigation vise ici à apporter une quantité d'eau qui comble en totalité ou non, l'eau perdue par ETP. Cependant, avec cette technique on ne

[5] VAN LEEUWEN C., CHONÉ X., TRÉGOAT O., GAUDILLÈRE J.P., 2001**.** The use of physiological indicators to assess vine water uptake and to manage vineyard irrigation. *The Australian Grapegrower and Winemaker,* 449, 18-24

prend pas en compte la réserve utile du sol. L'ETP est calculée à partir de modèles informatiques qui se basent sur des données issues d'une station météorologique. Cette méthode de gestion de l'irrigation est indissociable de l'installation d'une station météo qui couvre correctement la zone à irriguer.
Il est aussi possible de calculer grâce à des logiciels un bilan hydrique qui prend aussi en compte l'aspect réservoir du sol et autre perte d'eau par drainage et par ruissellement. Ces modèles peuvent aussi intégrer l'impact du couvert sur le bilan hydrique, lorsque le dit couvert est présent durant la période active de la vigne.

Contrôle visuel

Pour suivre l'évolution de la contrainte hydrique sur la parcelle, il existe un outil simple d'utilisation qui est l'application gratuite pour mobile ApeX-Vigne. Elle a été développée par Montpellier SupAgro et l'IFV en 2019 puis mise à jour en 2020. Cette application se base sur la méthode des apex qui consiste à observer une cinquantaine d'apex sur la parcelle et de les classifier selon trois catégories (pleine croissance, croissance ralentie, arrêt de croissance). L'application calcule ensuite l'indice de croissance des apex qui permet de suivre la croissance végétative de la vigne. Pour ensuite évaluer le niveau de contrainte hydrique, il faut utiliser la règle d'interprétation développée par l'IFV (niveau 0 : absence de contrainte hydrique ; niveau 1 : contrainte hydrique modérée ; niveau 2 : contrainte hydrique forte ; niveau 3 : contrainte hydrique sévère). Il faut garder à l'esprit que c'est l'application qui calcule tout cela, il n'y a qu'à observer le nombre d'apex voulu et les classifier, l'application fait le reste.[6]
Ci-dessus un tableau récapitulatif qui regroupe quelques outils de pilotage de l'irrigation avec leurs avantages et inconvénients (*Tableau 3*). Les tarifs ainsi que la précisions des mesures varient en fonction du type de sonde. Pour le calcul d'estimation de la demande en eau, il est nécessaire que les parcelles soient couvertes par une station météo.

[6] Communiqué de presse appli ApeX-Vigne, https://www.agrotic.org/

Tableau 3 : Résumé des différents OAD envisageables pour une gestion de l'irrigation améliorée.

Moyen d'évaluation	Tensiomètre	Bilan hydrique	Méthode des apex
Avantages	Matériel facile à utiliser, coût faible	Suivi en continu, gain de temps, pas d'achat de matériel	Rapidité de la mesure, pas de coût
Inconvénients	Profondeur de mesure limitée d'environ 80cm, connaissance du sol requise, le relevé des valeurs prend du temps	Prise en main du logiciel, imprécisions de la modélisation	erreur possible : le ralentissement de croissance peut venir d'une carance azotée, peu de références pour l'interprétation, donne uniquement le seuil de début d'irrigation

Le suivi de la stratégie d'irrigation et de la réalisation de celle-ci peuvent être accompagné les premières années par des société de conseils (CICOVI, Languedoc œnologie, …) ou l'utilisation d'OAD commerciaux du type i-pilote®, qui sont experts en viticulture et pourraient initier la démarche du raisonnement et l'accompagnement sur les premières années.
Les éléments apportés visent à expliquer que la réflexion sur la question de l'irrigation se fait en fonctions de objectifs de productions qualitatif et quantitatif et que pour une irrigation optimale il est important de se baser sur des mesures qui reflètent au mieux l'état hydrique de la vigne tout en considérant l'hétérogénéité intra et inter-parcelle. Il nous semble cependant que l'installation d'une station météo sur chaque domaine soit une étape qui permettrait un meilleur raisonnement à la fois sur les stratégies d'irrigation mais aussi de la stratégie de gestion des ravageurs et phytopathogènes. En parallèle, la réalisation de profil de sol à travers de fosses pédologiques permettrait de connaître le type de développement racinaire et donc une meilleure appréhension du sol et du vignoble.

4.3. Stratégies d'Enherbement

Nous commençons par citer Hélène Frey qui, dans son mémoire de fin d'étude[7], discutait du besoin de références pour réfléchir son enherbement dans sa parcelle : « La diffusion d'une pratique généralisable à tous les vignobles étant difficilement envisageable, l'adaptation des techniques d'enherbement à la parcelle est aux mains des conseillers et des exploitant-e-s eux-mêmes. » (Frey, 2016). Nous choisissons donc ici de présenter et de détailler les outils permettant de raisonner l'enherbement de la parcelle et de l'adapter au cours du temps.
La mise en place d'un enherbement entraîne une compétition accrue pour l'eau et les ressources minérales, l'azote en particulier, il est donc important de s'assurer que toutes les conditions sont réunies pour limiter au maximum les contraintes qui en résultent.

[7] Hélène Frey 2016, Analyse des pratiques d'enherbement des viticulteurs et formalisation des règles de décision utilisées pour le pilotage

C'est après avoir fait un état des lieux complet de la parcelle (analyse de sol, fosse pédologique) et d'avoir disposé d'une station météorologique qu'il est possible de raisonner efficacement la mise en place de l'enherbement. La première étape est de décider sur quelle période l'enherbement est mis en place. En s'appuyant sur le mémoire de Hélène Frey, qui a enquêté 334 exploitations du Languedoc-Roussillon, 40% des exploitations laissaient un enherbement pendant la période de repos de la vigne. Ensuite, pendant la période végétative aucune stratégie commune ne se dégageait. Il semble cependant que les parcelles où l'enherbement était maintenu, le sol avait une profondeur de 1 m minimum. Il faut ensuite s'intéresser à la localisation de l'enherbement : en plein, dans l'inter-rang, sous le rang. Pour cette partie, il n'y a pas de consensus et chaque viticulteur adopte sa propre stratégie.[8]
Fort de ce constat et en prenant en compte l'objectif de production des domaines Paul Mas, nous pourrions considérer la stratégie suivante (*Tableau 4*).

Tableau 4 : Proposition d'une stratégie d'enherbement à mettre en place selon l'objectif de production.

	Parcelle au sol profond et sans carences	**Parcelle plus problématique**
Période de repos (post vendange-débourrement)	Tous les inter-rangs enherbés (ou 2/3)	1/2 inter-rang enherbé (ou 1/3)
Période végétative (débourrement-vendange)	1/2 inter-rang enherbé (ou 1/3)	Pas d'enherbement

Les propositions faites ci-dessus sont indicatives et seront amenées à être adaptées après les avoir essayées et selon l'expertise du chef de culture. De plus, une adaptation devra être faite chaque année en fonction des conditions climatiques et de l'état azoté et hydrique de la vigne.

Après avoir décidé quand implanter le couvert et où l'avoir implanté, il faut décider du type de couvert. Une solution plus économe et plus simple techniquement est de laisser un couvert spontané, composé de la flore déjà présente. Cependant, il peut y avoir des espèces présentes qui occasionnent des problèmes (érigéron, datura, …) donc avant de considérer cette option il serait intéressant de recenser les espèces présentes dans la parcelle et de faire un bilan pour savoir s'il risque d'y avoir des problèmes trop conséquents. Une deuxième solution est de semer un couvert, solution plus onéreuse et plus difficile techniquement mais cela permet de choisir les espèces implantées. Dans son étude, Hélène Frey a interrogé 20 viticulteurs qui enherbent depuis plusieurs années et les espèces suivantes sont les plus représentées : orge, avoine, blé, féverole, vesce, phacélie et un méteil. Ces espèces sont semées seules ou en mélanges. Par exemple, l'orge est toujours semé en mélange avec la féverole, la vesce et l'avoine (ou le blé). Le *Tableau 5* présente les avantages et les inconvénients de certaines espèces à l'aide de la fiche technique Engrais verts en viticulture produite par la maison des vins de Gaillac avec l'appui de l'IFV et de la chambre d'agriculture du Tarn.

[8] Traité de la vigne 3ème édition de Alain Carbonneau et Laurent Torregrosa

Tableau 5 : Avantages et inconvénients d'espèces végétales qui peuvent être choisies dans les couverts végétaux des vignobles.

	Avantages	Inconvénients
Féverole	- forte fixation d'azote atmosphérique - bonne structuration du sol avec une grosse racine pivot et des exsudats racinaires qui stimulent l'activité biologique du sol - bonne capacité de germination et semis tardif possible - bonne destruction par roulage	- développement lent et faible taux de couverture au départ donc mauvaise concurrence avec les adventices - semis précoces peut entrainer des maladies - semis difficile et couteux
Avoine d'hiver	- bonne compétition avec les adventices - bonne structuration du sol et amélioration de la portance - semis peu couteux et faisable à la volée - adapté aux mélanges - production d'humus stable	- destruction difficile et possibilité de reprise - semis trop précoce rend le couvert susceptible aux maladies - préférable de l'associer à une légumineuse pour limiter la faim d'azote - besoin en eau important
Orge	- forte restructuration du sol en surface - forte concurrence des adventices - semis peu couteux, faisable à la volée et implantation facile - bonne résistance à la sécheresse et au gel	- sensible aux maladies cryptogamiques qui limitent le rendement - craint l'humidité et l'hydromorphie - à éviter en cas de court-noué dans la parcelle (*Xiphinema index*)
Vesce commune	- stimulation de l'activité biologique du sol - grosse fixation d'azote - semis faisable à la volée - bon recouvrement et forte concurrence avec les adventices - amélioration de la structure du sol	- germination et installation lente, peu concurrentiel au début - besoin d'un tuteur - semences couteuses - agressive sur les éléments minéraux et l'azote

En plus de ces espèces, dans le livre Traité de la vigne 3ème édition de Alain Carbonneau et Laurent Torregrosa, il est suggéré d'essayer de semer les espèces suivantes détaillées dans le *Tableau 6*.

Tableau 6 : Exemple d'espèces végétales qui peuvent être semées dans l'inter-rang.

	Implantation	Pérennité	Maîtrise des adventices	Potentiel de concurrence suggéré par le comportement estival
Trèfle porte-fraise	Moyenne	2 ans	Moyenne	Moyen
Plantain corne de cerf	Très bonne	Bonne >3ans	Bonne	Moyen
Fétuque rouge variété Bargreen	Moyenne	Bonne >3ans	Bonne	Moyen/élevé

Dans le cas d'un couvert semé, il est intéressant de semer en mélange (comprenant différentes familles) pour favoriser la diversité génétique et s'assurer d'une diversité de services (portance, engrais vert, …). Quand on sème en mélange il est recommandé de semer au moins quatre espèces pour s'assurer qu'aucune ne prenne le dessus sur les autres. Pour conclure sur cette partie consacrée au type de couvert à implanter, nous vous recommandons le livre Les couverts végétaux : gestion pratique de l'interculture de Frédéric Thomas et Matthieu Archambeaud. En effet, les couverts semés qui ont été proposés sont le résultat de l'observation des pratiques d'un panel de viticulteurs et nous vous recommandons de faire vos propres essais et de conserver ceux qui vous donnent le plus satisfaction. Vous trouverez dans cet ouvrage des explications sur les raisons d'utiliser un couvert végétal, sur comment le mettre en place et enfin un focus sur un large panel d'espèces végétales utilisables. L'ouvrage concerne plutôt les grandes cultures mais les indications données sur les différents couverts sont adaptables à la viticulture.

Pour entretenir le couvert pendant la période de repos, il est recommandé de le tondre. Dans une optique agroécologique, l'utilisation de moutons pour tondre le couvert peut être intéressante. Cette pratique est utilisée depuis plusieurs années au domaine royal de Jarras à Aigues-Mortes[9] et échanger avec ce domaine pourrait permettre d'obtenir les connaissances pratiques pour mettre en place cette technique. Cette technique a l'avantage de réduire considérablement le nombre de passages de tracteur, elle ne repose pas sur un contrat rémunéré, le berger est en charge de mettre en place les clôtures et de déplacer les moutons et un apport de fertilisation supplémentaire est ajouté. Pour décider de quand tondre, il y a deux indicateurs intéressants qui ont été mis en avant dans le mémoire d'Hélène Frey (Frey, 2016). Premièrement, la hauteur du couvert, laissée à l'appréciation du chef de culture. Deuxièmement, le stade phénologique de l'herbe : lorsque l'herbe d'intérêt s'est ressemée ; au moment de la floraison du couvert car c'est à ce stade que le C/N est le plus intéressant ; lorsque la tige du couvert s'est lignifiée pour assurer une bonne qualité de paillage.

Pour entretenir le couvert pendant la période végétative, la tonte uniquement avec un passage d'engin est recommandée et l'emploi de moutons n'est plus adéquat. Les indicateurs pour tondre restent inchangés mais il est intéressant d'ajouter des indicateurs liés à l'état de la vigne. En effet, si la vigne présente des signes de contrainte hydrique ou azotée il faudra envisager de détruire le couvert.

[9] Reportage Gard : en bord de mer, les moutons colonisent le vignoble Sable de Camargue https://www.midilibre.fr/2021/01/18/gard-en-bord-de-mer-les-moutons-colonisent-le-vignoble-sable-de-camargue-9317533.php

Pour vérifier l'état hydrique de la vigne, il y a l'indicateur d'Arrêt de Croissance (IAC) qui repose sur la méthode des apex. Cette méthode est facile à mettre en place sur le terrain, il faut télécharger sur son smartphone l'application gratuite ApeX-Vigne puis d'observer une cinquantaine d'apex et de les classifier selon trois catégories (pleine croissance, croissance ralentie, arrêt de croissance) puis l'application calcule un indice qui permettra de déterminer l'état hydrique de la vigne. Si la contrainte hydrique est trop importante, la destruction totale du couvert est à envisager. Pour s'assurer de l'état azoté de la vigne, l'analyse pétiolaire peut fournir une information intéressante. De la même manière, si la concurrence azotée semble trop conséquente, le couvert peut être détruit.

Pour détruire le couvert, le broyage est la technique la plus employée. Une fois broyée, le couvert peut être enfoui si l'on souhaite une dégradation et un apport d'azote rapide. La technique du roulage est encore peu employée et demande une technicité importante, mais elle a l'avantage d'avoir un débit de chantier important, une faible demande énergétique et peut permettre un gain de matière organique.

Pour conclure, et pour revenir à la citation d'Hélène Frey, nous pensons qu'il serait très important qu'il y ait un travail important de mise en commun, de retours et de communication sur les essais qui seront mis en place dans l'ensemble des domaines Paul Mas. En plus des seuls domaines Paul Mas, il pourrait être intéressant de se rapprocher de structures telles que l'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) ou le BioCivam de l'Aude qui via leurs connaissances techniques pourraient faciliter la mise en place d'expérimentations. Pourquoi ne pas également envisager la création d'un Groupement d'intérêt économique et environnemental (GIEE) avec d'autres domaines viticoles pour mener un projet centré sur la mise en place d'enherbement dans les parcelles. Par exemple, en 2016 le BioCivam 11 avec l'association Chemin cueillant ont formé un GIEE autour de la thématique des couverts végétaux et de l'agroforesterie en vigne. Ce groupe comprend 20 domaines viticoles et d'autres acteurs tels que l'INRA Montpellier SupAgro-CIRAD, l'Atelier Paysan et l'Association Française d'Agroforesterie.

Pour plus d'information, vous pourrez consulter *l'Annexe 3* qui rassemble des liens vers des documents utiles sur la gestion de l'enherbement en vigne.

4.4. Gestion du plan de fumure

Pour optimiser au mieux la fertilisation, des outils d'aide à la décision peuvent être mis en place tout au long du cycle de la vigne, voir *Tableau 7.*

Tableau 7 : Synthèse des OAD à mettre en place pour la gestion du plan de fumure.

Stade de la vigne	Outil d'aide à la décision	Description et objectifs
Vigne avant plantation	Historique de la parcelle	Connaître les apports réalisés sur la parcelle avant plantation (amendements, engrais) afin d'adapter le plan de fertilisation.
	Cartographie	Utiliser les cartes pédologiques afin de caractériser le type de sol.
	Fosses	Caractériser les sols dans des zones représentatives de la parcelle à planter (horizons de sol, l'enracinement, l'enfouissement de la matière organique, les zones de tassement, ...).
	Analyse de terre	Connaître les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols pour prévoir la fumure de fond.
Vigne en place : entretien	Observation	Observer la vigueur de la vigne et les éventuels symptômes de carence ou de toxicité.
	Analyse du végétal	Connaître l'état nutritionnel de la vigne pour adapter la fertilisation.
	Analyse de terre	Connaître les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols pour prévoir les quantités d'engrais à apporter.
	Outils prospectifs	Utilisation d'outils prospectifs (ex : N Tester, analyse de sarment) pour prévoir la fertilisation.
Vigne avant arrachage	Caractéristiques de la parcelle	Recenser les zones plus vigoureuses ou plus productives, les problèmes de drainage, les zones plus sensibles à des maladies ou à des ravageurs, les éléments du paysages, etc.
	Historique de la parcelle	Connaître les apports réalisés sur la parcelle lors des dernières campagnes culturales pour prévoir les amendements à réaliser durant la période d'interculture.
	Cartographie	Utiliser les cartes pédologiques afin de caractériser le type de sol et prévoir la prochaine plantation.
	Fosses	Caractériser les sols dans des zones représentatives de la parcelle à planter (horizons de sol, l'enracinement, l'enfouissement de la matière organique, les zones de tassement, ...).
	Analyse de terre	Connaître les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols pour prévoir la fumure de fond.

Présentation des trois points importants à prendre en compte avant la réalisation du plan de fumure :

- Observation de la parcelle

L'observation du sol permet d'avoir une connaissance globale de la parcelle sur les phénomènes d'érosion, d'hydromorphie, de profondeur ou encore de la pente. Le sol nous renseigne aussi sur le choix du cépage et du porte greffe en fonction de sa nature minérale, organique ou encore de sa texture. Connaître son sol c'est aussi savoir choisir comment le travailler pour une plantation ou pour des travaux d'entretien et savoir choisir le plan de fumure pour la vigne.

L'observation du sol peut se faire dans un premier temps en surface avec la couleur, le taux de cailloux, les adventices, l'hydromorphie et les résidus. Ensuite, il est conseillé de réaliser des fosses

pédologiques pour observer la formation des horizons, l'enracinement de la vigne et du couvert, le gradient de matière organique, les zones de compaction, le tassement et l'activité biologique.
L'observation du végétal permet de connaître le fonctionnement de la vigne. Cette observation doit se faire à différentes périodes et peut renseigner sur la vigueur en fonction de la pousse végétative, de la couleur du feuillage, du niveau de production ou encore de la qualité du bois produit. Observer la vigne c'est aussi caractériser l'état sanitaire (maladie, champignon et ravageur) et nutritionnel (carence ou toxicité) de la parcelle et de pouvoir gérer l'application de traitements phytosanitaires et de fertilisants. Le *Tableau 8* regroupe les symptômes de carences possibles sur les sols calcaires du vignoble.

Tableau 8 : Tableau regroupant les types de carences observables.

Carences	Symptômes	Contexte agronomique
Azote : N	Réduction de la vigueur et de la vitalité des souches. ***Feuilles*** : décoloration du limbe variant du jaune au rouge-orangé en fonction des cépages (figure 5). Chute des feuilles. ***Sarments*** : maturité anticipée, aoutement prématuré. ***Baies*** : diminution de la maturation et de la quantité.	Sols calcaires
Magnésium : Mg	***Feuilles*** : décoloration inter-nervaire des feuilles débutant à la périphérie du limbe. Sur cépages noirs, la décoloration évolue du jaune vers l'orange, puis vers le rouge. Pour les cépages blancs, les feuilles deviennent jaunes. Les tissus décolorés finissent par se nécroser progressivement à partir du pétiole. Cette carence se manifeste d'abord sur les feuilles âgées	Sols légers, pauvres en humus, apport d'engrais potassique trop important
Potassium : K	***Feuilles*** : réduction de la croissance, contour du limbe moins découpé et aspect lisse, brillant et légèrement en relief de ce dernier. Présence de petites lésions brunes sur la partie exposée au soleil, aux contours irréguliers. Décoloration inter-nervaire diffuse du limbe (avec une teinte jaune ou rouge en fonction des cépages). Nécroses et dessèchement du limbe et défoliation dans des cas sévères de carence en K. ***Sarments*** : mauvais aoûtement des sarments, et baisse productivité de la vigne	Sols légers, sableux, riche en ions Antagonisme avec le Mg
Phosphore : P	***Feuilles*** : accumulation d'anthocyanes dans les pétioles et les nervures qui prennent une teinte violacée, alors que le limbe devient plus foncé. Modification du port de la plante et défoliation prématurée. ***Baies*** : diminution de la taille et du nombre de baies.	Sols trop acides ou sol trop calcaires
Manganèse : Mn	***Feuilles*** : jaunissement marbré inter-nervaire, les nervures apparaissent plus proéminentes. ***Grappes*** : plus petites présentant une maturité incomplète.	Sols alcalins à pH≥ 7
Zinc : Zn	***Feuilles*** : petites, dissymétriques, et en forme de palmettes avec un sinus pétiolaire ouvert. Les pétioles sont anormalement courts et gros. Feuillage buissonnant. ***Rameaux*** : les mérithalles ou entre-nœuds sont plus courts, aplatis et plus nombreux. ***Baies*** : manifestation de coulure et de millerandage.	Sols calcaires, et excès de fertilisation phosphatée

- Analyse de terre

L'analyse de sol permet de connaître la fertilité chimique et organique du sol. A la suite de celle-ci il est possible de mettre en place une fumure de fond (engrais ou amendement) et de choisir le matériel végétal pour une plantation.

Quelques critères sont importants à respecter pour le prélèvement :

- La période propice pour le prélèvement est en automne-hiver
- Il est recommandé de réaliser une dizaine de carottages dans une parcelle, à une profondeur de 30cm, de mélanger tous les échantillons pour en analyser 1 kg.
- Les prélèvements doivent se faire sur des zones homogènes et représentatives. Chaque carottage est fait sur un lieu défini (coordonnées GPS) afin d'obtenir un suivi de l'évolution des paramètres du sol à chaque analyse.

Les indicateurs majeurs à utiliser sur une analyse de sol sont :

- La granulométrie (indicateur très stable dans le temps) qui permet de connaître la texture du sol. Un sol argileux a un des capacités de rétention d'eau et de nutriments plus importantes qu'un sol sableux. Un sol limoneux est plus sensible à la compaction et à la battance. Un sol sableux à tendance à se réchauffer plus rapidement à la sortie de l'hiver mais il reste sensible aux risques de sécheresses.

Le taux de matière organique et d'éléments minéraux (N, P, K, Mg, Ca) informent sur la capacité nutritive des sols.

Le C/N est un indicateur de l'activité biologique du sol, il renseigne aussi sur la dégradation de la matière organique du sol et le potentiel de minéralisation de l'azote. Un C/N supérieur à 12 est considéré comme élevé, le sol manque d'azote on parle alors de faim d'azote. A l'inverse un C/N inférieur à 10 est considéré comme faible, l'activité de dégradation est trop importante et n'est pas stable dans le temps.

La CEC ou la Capacité d'Échange Cationique représente la quantité maximale de cations que le sol peut absorber, c'est un indicateur de la fertilité des sols. Sa valeur dépend de la teneur en argile et de la teneur en matière organique. Une CEC inférieure à 8 est considérée comme faible et moyenne entre 8 et 15. Pour augmenter la CEC sur un sol argileux il est conseillé d'ajouter de la matière organique.

- Analyse du végétal

Les analyses de limbes ou de pétioles permettent d'avoir des informations sur l'absorption d'éléments essentiels pour la vigne, les macro-éléments (N, P, K, Ca, Mg) et les oligo-éléments (Fe, Mn, B, Zn)[10]. Ces analyses peuvent se faire à des stades clés (nouaison, véraison ou maturation) et permettront de [11]:

- mieux comprendre les relations sol, plante et climat détecter une carence minérale non visible
- confirmer une carence décelée visuellement
- connaître l'impact d'une fertilisation au sol ou foliaire sur la composition minérale de la vigne.
- connaître l'influence des itinéraires culturaux sur la composition minérale des feuilles ou pétioles.

Les analyses de sarments permettent d'avoir des informations sur la saison à venir. Elles permettent d'estimer les réserves faites par la vigne en amidon, sucres totaux, marco éléments et oligo-éléments. La réalisation de cette analyse se fait durant le repos hivernal afin d'avoir plus d'informations sur les conditions du début du cycle prochain. En effet, le bon déroulement du débourrement de la vigne dépend fortement de sa mise en réserve l'année précédente. Ces analyses permettent de voir la mise en réserve de la vigne et de piloter les premiers apports foliaires au début du cycle[12].

Enfin la gestion du plan de fumure peut se raisonner en fonction de la richesse en matière organique des sols. D'après les résultats de l'enquête réalisée sur les Domaines Paul Mas, la teneur de matière organique moyenne des sols est de 1,1%. Certaines parcelles du domaine de Martinolles ont des teneurs de matière organique très faibles, comme 0,68 ou 0,49 %. Un redressement du taux de matière organique semble indispensable sur ces sols. Pour cela il est possible d'utiliser des apports de fumier, lisier ou compost, de mettre en place un couvert végétal riche et de de faire un retour au sol des résidus de culture.

Les quantités à apporter d'amendement peuvent être raisonnées selon les taux de matières organiques mesurés avec les analyses de sol. Par exemple, si nous prenons la parcelle Durand des Vignobles Paul Mas à 0,9% de matière organique, il est nécessaire d'apporter 29 tonnes/ha de matière organique pour redresser le sol à une teneur satisfaisante de 2% de matière organique. Si on utilise des composts de déchets verts il est nécessaire d'apporter près de 61,5 kg/ha. Pour un compost de fumier de cheval, il est nécessaire de mettre environ 105,6 kg/ha. Enfin pour un compost de marc de raisin, qui est plus riche en potassium et assez pauvre en matière organique[13], il est nécessaire d'apporter 275,9 kg/ha pour redresser le sol à 2%[14]. Ces apports doivent se faire sur plusieurs années. La *Figure 37* reprend le calcul effectué avec l'apport de compost de déchets verts :

[10] Fiche technique analyses pétiolaires, SRDV, lien:http://srdv.fr/wp-content/uploads/2020/03/Petioles_SRDV-compresse%CC%81.pdf

[11] Traité de la Vigne, A.Carbonneau et L.Torregrosa, 2020, p.190

[12] Fiche technique analyse de sarments, SRDV, lien : http://srdv.fr/wp-content/uploads/2019/12/Sarments_SRDV-compresse%CC%81.pdf

[13] Compost de marc de raisin, Chambre d'agriculture PACA, lien : https://paca.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Provence-Alpes-Cote_d_Azur/agriculture_biologique/Compost_Marc_de_raisin.pdf

[14] Fiche technique amendement, Itab, lien : http://itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_viti/viti%20Amendement%20Viti.pdf

Parcelle Durand (VPM) : 0,9% de MO. Masse de terre fine : **2600t/ha**. Coefficient de minéralisation secondaire (k2) : **0,016**. Coefficient d'humification (k1) du compost de déchets verts : **0,76**. **62%** de Matière Sèche dans le compost de déchets verts.

Objectif : Redresser le sol de 1,1% pour atteindre 2% de MO

- Stock de MO sur 25cm : 2600 x 0,9/100 = 23,4 t de MO
- Pertes annuelles par minéralisation : 0,016 x 16,74 = 0,37 t/ha/an
- MO à ajouter : 2600 x 1,1/100 = 28,6 t de MO
- Apport total (en comptant les pertes annuelles) : 28,6+0,37 = 29t de MO à apporter
- Masse de compost déchets verts correspondante : 29/(0,76x62%) = 61,5t/ha

Exemples pour d'autres types d'amendements :

	% MS	k1	Masse d'amendement pour redresser de 1,1% de MO dans les sols
Compost déchets verts	62	0,76	61,5 t/ha
Compost fumier de cheval	45	0,61	105,6 t/ha
Compost tradivert	53	0,76	71,9 t/ha
Compost marc de raisin	35	0,3	275,9 t/ha

Tableau 9 : Calcul du redressement du taux de matière organique par l'apport d'un compost de déchets vert et d'autres amendements.

4.5. Raisonner la protection phytosanitaire du vignoble

Comme cité précédemment, les IFT élevés qui caractérisent la totalité des domaines Paul Mas sont constitués à peu près par 50 % de traitements fongicides. Plusieurs étapes peuvent être mises en œuvre afin d'obtenir une diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires. Dans un premier temps, le travail peut s'axer sur l'amélioration des pratiques existantes afin de réduire l'utilisation de fongicides, et ce grâce à trois volets : l'utilisation d'outils d'aide à la décision, l'utilisation de dispositif antidérive, la formation pour mieux comprendre le fonctionnement des produits afin de les utiliser le plus justement possible.

Utilisation des outils d'aide à la décision : De nombreux OAD sont actuellement disponibles sur le marché.

La Chambre d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine a développé un guide pour l'observation du vignoble qui a pour objectif de mieux évaluer le risque afin d'avoir une stratégie de protection optimale. Une piste proposée dans ce guide concerne l'installation d'un Témoin Non Traité (TNT). Il s'agit d'une portion de parcelle qui ne reçoit aucun traitement fongicide et qui permet d'informer de la présence/absence des maladies dans la parcelle et d'évaluer le niveau de pression du parasite en fonction de l'expression des symptômes relevés. Les informations croisées obtenues par les TNT et les données météorologiques peuvent amener ainsi à une réflexion sur une optimisation des interventions et éventuellement une suppression des traitements superflus.

De fait, une manière efficace et relativement simple à mettre en place pour raisonner et retarder le nombre d'interventions contre les maladies cryptogamiques est de disposer d'un système de prévision des risques basé sur la mesure des paramètres climatiques. En sachant cela, il serait utile d'installer des stations météo au niveau des domaines car les stations météo-France peuvent être situées parfois à plusieurs kilomètres et ne pas refléter le microclimat des parcelles. Cela permettrait

de recevoir des informations précises et adaptées aux conditions pluviométriques de chaque domaine et elles pourraient être utilisées pour identifier les moments les plus à risque d'apparition des maladies cryptogamiques et pour agir rapidement en réponse à ces conditions, grâce à l'étude des pluies fines notamment.

Une autre piste pour raisonner l'utilisation de produits phytosanitaires du vignoble est l'adaptation de la dose des produits en fonction de l'état végétatif de la vigne. L'Outil d'Aide à la Décision développé par le projet Optidose® propose une adaptation de la dose de produit phytosanitaire contre mildiou et oïdium en fonction de la surface de végétal à protéger, de la pression parasitaire et du stade phénologique. Une version de cet outil est disponible en ligne sur le site de l'institut de la Vigne et du Vin. Cette méthode a été testée expérimentalement en région méditerranéenne sur plusieurs cépages. Les essais ont été conduits en comparant pleine dose à l'hectare, dose adaptée avec l'outil Optidose® et témoin non traité. Les résultats expérimentaux montrent que, lorsque la protection induite par l'utilisation de la dose de référence est bonne, celle générée par les doses adaptées (Optidose®) l'est aussi, avec parfois une présence de maladie plus importante, généralement visible en fréquence plutôt qu'en intensité. Le but est donc de garder les dégâts au-dessous du seuil de nuisibilité et non d'obtenir l'absence de symptômes. La forme de cet outil se présente comme un abaque comprenant en verticale les stades physiologiques de la vigne et en horizontal une catégorie explicitant la sensibilité parcellaire, la pression mildiou/oïdium au moment du traitement et le niveau de végétation. Le croisement de ces informations sur le tableau permet d'obtenir la dose finale à appliquer exprimée en pourcentage sur la dose homologuée. D'autres outils existent avec le même but, chacun présentant des avantages et des inconvénients que l'outil d'aide à la décision Optidose® ne présente pas. Par exemple, l'outil DeciTrait® proposé par l'IFV lors du projet CASDAR. Cet outil a été conçu en vue de la protection économe en intrants vis-à-vis des principales maladies cryptogamiques (mildiou – oïdium – black-rot – botrytis)[15]. Ce système intègre automatiquement les informations des différentes sources (données météo, modèles...) et les analyse pour proposer une stratégie de traitement personnalisée et adaptée aux exigences du vignoble. Cet outil intègre donc déjà dans ces simulations les données météo localisées sur l'exploitation et ajoute des prévisions pour la suite, au même temps il donne des informations concernant la date des prochains traitements, il fournit une base de données complète sur les produits phytosanitaires et permet de créer des bilans de campagne en format Excel[16]. Il s'agit donc d'un outil beaucoup plus complet par rapport à Optidose®, cependant il demande beaucoup d'informations et par conséquent du temps pour les insérer dans l'application. Il serait donc le viticulteur lui-même à choisir l'OAD le plus adapté à ses exigences.

Utilisation de dispositif antidérive :

L'utilisation des Technologies Réductrices de Dérive (TRDP) est conseillée pour réduire le phénomène de dérive des produits pulvérisés. Il est par exemple possible d'installer des buses homologuées pour la production de fines gouttes ou d'ajouter des adjuvants réducteurs de dérive. Réaliser la pulvérisation à faible pression et à faible vitesse permet de réduire les pertes de produit et d'en augmenter l'efficacité[17].

[15] Institut Français de la Vigne et du Vin, 2018 https://www.vignevin.com/reductions-intrants/optimisation-de-la-pulverisation/
[16] DeciTrait, un appui indépendant pour optimiser sa protection phyto. https://decitrait.vignevin-epicure.com/login
[17] Colloque EuroViti, Institut Français de la Vigne et du Vin, 2016, Compte rendu technique Pulvérisation en Viticulture, https://www.vignevin.com/wp-content/uploads/2019/03/ACTES_DE_COLLOQUES_BD_4.pdf

Il existe des pulvérisateurs électrostatiques (dont certains domaines sont déjà équipés, comme celui de TERRES DENIM, permettant de charger les gouttes de produits électrostatiquement afin qu'elles soient attirées vers le feuillage de la vigne et ne se dispersent pas dans l'air. Seuls deux domaines utilisent des buses antidérive. Une meilleure gestion de la pulvérisation permet la réduction des doses et ainsi de l'IFT. Il s'agit de pratiques nécessitant connaissances et technicité. Ainsi, la formation des tractoristes est primordiale pour bien maîtriser l'usage des buses anti dérive ou des pulvérisateurs électrostatiques.

Une meilleure connaissance des produits phytosanitaires :

Un levier important de la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires est la formation et la connaissance pointue des produits phytosanitaires et de leur mode de fonctionnement. En effet, certains produits ont des efficacités accrues à certains stades physiologiques de la vigne ou de la maladie traitée. Ainsi, couplé à l'utilisation d'OAD, une meilleure connaissance des produits permet une utilisation optimale. Au vignoble, cela se traduit par l'identification des périodes critiques (à l'aide d'OAD) et le juste positionnement du produit.

Une fois les périodes critiques identifiées, il est important d'agir au moment le plus indiqué pour augmenter l'efficacité des produits utilisés. Cela s'avère surtout important pour les produits de biocontrôle, pour lesquels l'effet est plus dépendant de la période d'application. Par exemple, l'application des tisanes s'avèrent être plus efficaces si distribuées au matin et en distribution foliaire contre l'oïdium. En revanche, la modalité d'application la plus efficace contre le mildiou est la pulvérisation sur les grappes.

Dans un second temps, le travail pourra être orienté vers le remplacement des produits phytosanitaires classiques vers des produits de biocontrôle. A propos de ces derniers, on remarque dans les domaines Paul Mas une moyenne de 33 % des IFT représenté par des produits de biocontrôle. Parmi les stratégies adoptées, la mise en place de la confusion sexuelle contre les Tordeuses de la grappe est utilisée par différents domaines. L'efficacité de cette stratégie de biocontrôle dépend de la dose apportée ainsi que de la prévention et/ou contournement des phénomènes de dérive causés par le vent. L'installation des haies brises vent, si correctement conçues avec un technicien spécialisé, peut être suffisante pour limiter l'effet dérive. Ces haies apportent également d'autres services environnementaux.

L'utilisation de produits de biocontrôle ne peut être dissociée de l'accès à des formations afin de mieux connaître leurs modes d'action. De plus, afin d'adapter au mieux leur utilisation, des expérimentations en interne des Domaines Paul Mas pourraient être menées.

Enfin, pour permettre l'utilisation de ces leviers, il nous semble primordial d'apporter davantage de main d'œuvre aux chefs de cultures afin qu'ils puissent se dégager un peu de temps pour raisonner plus finement leurs traitements et ajuster au mieux les traitements en fonction des parcelles. Enfin, dans un troisième temps, les pratiques peuvent être évaluées à l'aide d'un logiciel tel que DexIPM. Cela permettrait de mieux comprendre quelles pratiques impactent quelles maladies et dans quelle sens. Ce dernier point pourrait permettre d'améliorer au mieux les pratiques culturales afin de diminuer la pression phytosanitaire.

Pour conclure, voici le plan d'action possible :

- Bilan et utilisation d'OAD
- Bilan et utilisation d'outils de réduction des doses
- Bilan du parc de pulvérisateur, de leur performance environnementale, et de la formation des tractoristes vis à vis de ces problématiques
- Bilan de l'utilisation des produits de biocontrôle, dans quel cadre sont-ils utilisés, et la formation des chefs de culture vis à vis de l'utilisation de ces produits.
- Bilan des pratiques et mis en relation avec leur impact vis à vis de la pression phytosanitaire

De plus, nous pouvons ouvrir la discussion en proposant de travailler sur des gestions de l'enherbement afin de réduire les pressions phyto (empêcher l'effet "splashing" permettant aux œufs de mildiou de remonter sur les feuilles par exemple), gestion de la bordure des parcelles, par l'implantation de haies qui servent notamment d'abris pour l'avifaune du territoire et contribuent à augmenter la biodiversité. Les haies permettent de favoriser la présence de prédateurs généralistes sur les parcelles. L'aménagement d'habitats pour ces espèces peut se faire à travers le maintien d'une couverture végétale dans l'inter-rang et/ou la conservation des bordures de parcelles avec des bandes fleuries ou des haies. L'implantation de cultures intermédiaires attractives pour les auxiliaires est une pratique intéressante vis-à-vis de l'augmentation de la richesse et de l'abondance de la biodiversité du vignoble. Enfin, la plantation de variétés résistantes, dont la diversité commence à augmenter en France, est un levier non négligeable dans la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires. De plus, il est plus facile pour un domaine ne passant pas par des négociants et gérant sa commercialisation de créer ses propres gammes à partir de variétés résistantes.

Nous allons maintenant présenter les leviers d'action agroécologiques identifiés pour chaque maladie ou ravageur reconnu comme problématique sur les parcelles étudiées.

Esca

L'esca est une problématique fréquemment présente dans la majorité des domaines Paul Mas comme il ressort des enquêtes avec les viticulteurs. Cette maladie du bois peut s'attaquer aux racines comme aux sarments ou au tronc. Elle se présente comme un cocktail de champignons phytopathogènes qui s'attaque au bois provoquant la mort du cep. Il est très difficile de lutter contre cette maladie à l'heure actuelle. Des méthodes prophylactiques existent pour réduire l'incidence de la maladie :

- Sortir les sarments et les résidus de taille de la parcelle. Cela permet de prévenir la création d'une réserve de champignons phytopathogènes sur la parcelle qui pourrait favoriser la contamination d'autres ceps en cas de blessure.
- Effectuer des opérations de tailles tardives, vu que la sensibilité des ceps diminue lors de pleurs. Quand cela est possible, tailler de façon à ce que les plaies soient vers le bas, pour faciliter l'écoulement de l'eau et réduire les conditions favorables au développement du champignon.
- Le badigeonnage ou pulvérisation de *Trichoderma spp* sur les plaies. Le Trichoderma est un champignon antagoniste qui parasite les champignons pathogènes et colonise les plaies de taille et les ceps en créant une concurrence spatiale pour d'autres champignons. Concernant son application, il faut éviter l'application en période gélive et de ne pas synchroniser son application avec les apports de fongicides qui pourraient être nocifs sur ce champignon. De

plus, limiter les travaux du sol permettrait de limiter les blessures causées aux racines, potentielles source d'inoculum. Si des pulvérisations sont appliquées, il faut régler la pression d'émission des produits afin qu'elle ne soit pas trop forte pour ne pas nuire au Trichoderma. On constate qu'un certain niveau de connaissance est nécessaire pour réussir l'application de ce mycorhize. Une formation ou l'accès à la documentation adéquate permettrait de maximiser les chances de réussite.

Ces propositions présentent une efficacité faible à moyenne, quand appliquées singulièrement. L'adoption de plusieurs de ces techniques augmente à priori l'efficacité de la prophylaxie contre l'ESCA. Peu de méthodes curatives existent actuellement. Une première est le recépage : un pampre est laissé depuis la base d'un cep sain pour qu'il devienne le futur cep. Le pied infecté est ensuite éliminé. Une autre méthode est le curetage qui vise à éliminer les parties de bois infecté en creusant le cep. Une dernière proposition est le regreffage, qui consiste à greffer de nouveau le porte greffe qui lui est sain, afin de remplacer la partie aérienne infectée. La faisabilité de ces méthodes dépend de l'état d'infection du cep et certaines demandent beaucoup de technicité, notamment le curetage qui peut blesser encore plus la partie saine du cep et réduire les flux de sève. Généralement le taux de réussite de ces opérations (si elles sont bien faites) varie entre 60 et 90%.

Escargots

On trouve la présence d'escargot au sein de 7 parcelles. Ce ravageur est l'un des problèmes les plus récurrents évoqué par les chefs de cultures.

Les escargots peuvent causer plusieurs dégâts au vignoble. La période de nuisibilité des escargots s'étale de la phase de sortie des feuilles jusqu'à celles des feuilles étalées. Ces ravageurs attaquent les feuilles de la vigne, ce qui a un impact direct sur la photosynthèse. Par conséquent, les grappes arrivent difficilement à maturité. La vigne va s'épuiser à essayer de refaire de jeunes feuilles, qui sont préférées par les escargots. Pourtant ces dernières sont essentielles durant les périodes chaudes afin de protéger les grappes des coups de soleil.

Pour lutter contre les escargots on propose ci-dessous différentes méthodes[18] :

Le ramassage des escargots est une méthode très coûteuse en temps et souvent insuffisante. Elle n'est pas envisageable à long terme sur une exploitation de cette ampleur.

Le cuivre est connu pour son action répulsive. Cependant il n'est pas efficace sur tout le cycle de la vigne étant donné qu'il est uniquement appliqué en traitement foliaire.

L'introduction de coléoptères vivants au sol, prédateurs des escargots. Par exemple : le ver luisant *Lampyris noctiluca* (Linnaeus 1767) (Lampyridae), les carabes (*Carabidae*), ou encore la larve de *Drilus flavescens*, G.A. Olivier 1790 (*Drilidae*) qui vit dans la coquille du ravageur.

Plusieurs produits molluscicides sont autorisés, en particulier trois formules à base de phosphate de fer, non classées et utilisables en agriculture biologique. Il est également possible d'intervenir avec des produits à base de métaldéhyde, qui restent la référence en termes d'efficacité sur les escargots. Ces solutions doivent être positionnées au sol avant la montée des escargots dans les ceps. IRON MAX PRO est un produit autorisé en agriculture biologique (dose homologuée : 7 kg/ha).

[18] Gestion des escargots, ephytia INRAE, lien : http://ephytia.inra.fr/fr/C/26185/Vigne-Escargots

Le piégeage pour contrôler et compter les escargots avec des pièges. En fonction du comptage réalisé on va décider ou pas d'intervenir avec le produit. Il faut cependant faire attention au nombre d'escargots qui n'est pas l'unique facteur à prendre en compte. Le climat a aussi son importance (une intervention est nécessaire avec le produit par temps humide alors qu'un temps sec et venteux entraînera peu de ravages et ne nécessitera pas d'intervention).[19]

La destruction des couverts végétaux où peuvent se réfugier les escargots est une dernière solution. Dans certaines parcelles, la prêle est une réelle problématique car elle permet d'abriter le ravageur. Aussi, l'implantation d'un couvert appétant sur l'inter-rang pourrait permettre d'attirer les escargots sur l'inter-rang pour faciliter leur élimination. A l'inverse, un couvert répulsif sur le rang pourrait permettre de repousser les escargots autour des ceps de vigne (ail, persil, cerfeuil, consoude). Il n'y a pas dans la bibliographie d'étude portant sur l'efficacité de cette méthode. Il serait donc intéressant de mettre en place un plan d'expérimentation sur ce sujet et de réaliser des essais.

Paillage rugueux : cette solution est particulièrement utilisée en maraîchage contre les escargots. Cette solution pourrait être testée sur le rang. Un paillage BRF pourrait être envisagé mais cela reste une solution coûteuse (20 à 40€ le m3) mais peut constituer un apport sur le long terme en matières organiques. Le paillage pourrait être réalisé avec un matériau moins coûteux comme les paillettes de lin etc.

Oïdium

L'Oïdium *(Erysiphe necator*) est un parasite obligatoire de la vigne présent aujourd'hui dans tous les vignobles. Ce micro-organisme peut entraîner des pertes catastrophiques de récoltes (i.e la chute de 80% de la production de vin en France, lors de son apparition en 1847). Aujourd'hui, le champignon reste encore difficile à contrôler en raison de systèmes de prévision des risques encore perfectibles pour les épidémies initiées par ascospores, rendant le moment de leur initiation spéculatif, et une longue phase cryptique (symptômes discrets en face inférieure des feuilles) de 30 à 40 jours. En effet, le modèle communément utilisé aujourd'hui, Potentiels Systèmes Vignes pour l'oïdium, a du mal à détecter le démarrage épidémique et a tendance à surévaluer les dégâts occasionnés[20].

Un des premiers leviers à actionner est le produit le plus utilisé actuellement contre l'oïdium : le soufre. En effet, les formulations du soufre sont variées et leurs impacts sont donc différents. Par exemple, l'emploi de soufre mouillable présente de nombreux avantages[21]. Les autres leviers sont plus complexes à mettre en œuvre et nécessite de prendre en compte le système de culture, nous vous en présentons quelques-uns. L'un des leviers d'action biologique qui est encore à l'essai contre ce ravageur est *Ampelomyces quiscalis*, un champignon parasite des oïdiums. Celui-ci est pulvérisé en fin de cycle ou en cas de présence d'oïdium. Sur le long terme, il est possible d'implanter un couvert de trèfles inoculé. Il faut faire attention, si l'oïdium est totalement absent, l'implantation du biocontrôle n'est pas possible car il n'y aurait alors pas de source de nourriture pour Ampelomyces. Il est aussi recommandé de favoriser la mycorhization des plantes pour lutter contre les maladies fongiques du

[19] Lutte contre les escargots, YouTube, vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=nKRauaI-RU4

[20] Quelles solutions pour la maîtrise des maladies ? La modélisation des risques parasitaires-Marc VERGNES- Institut Français de la Vigne et du Vin Vinopôle Bordeaux-Aquitaine

[21] Fiche technique N°33 Chambre d'Agriculture du Roussillon : https://po.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/073_Inst-Pyrenees-Orientales/FICHIERS/PRODUCTIONS_TECHNIQUES/VITICULTURE/PUBLICATIONS_VITI/33_-_L_UTILISATION_DU_SOUFRE_EN_VITICULTURE.pdf

sol et favoriser la croissance du pied, cependant il faut trouver un compromis sur l'usage de fongicide et éviter l'application en période gélive pour ne pas tuer le champignon. Enfin favoriser les Techniques Culturale Sans Labour (TCSL) améliore l'installation dans le sol et évite au maximum les plaies racinaires.

Mildiou

Le mildiou se développe sur tous les organes herbacés de la vigne, affectionnant particulièrement ceux en voie de croissance (riches en eau). Ce champignon peut causer des dommages directs à la vigne en provoquant la déformation des pousses, des vrilles et des grappes ou en provoquant la chute prématurée des feuilles. Cela a pour effet de retarder le mûrissement des fruits et d'augmenter la vulnérabilité de la vigne après les blessures dues à l'hiver.

Concernant la lutte contre le mildiou, plusieurs produits de biocontrôle sont autorisés, tels que le Cerevisane ou le Cos-oga. Le cerevisane et le COS-OGA sont particuliers car ils seraient efficaces pour lutter contre l'oïdium, le mildiou de la vigne (Plasmopara viticola), voire Botrytis et tous deux suite à leur composition (fragment de paroi de levures, et/ou molécules mimant des fragments de paroi reconnus par la plante) qui stimulerait les défenses de la vigne.[22]

Pour lutter contre le mildiou de la vigne, hormis les produits cités ci-dessus, les produits à base de phosphonates sont autorisés en biocontrôle pour lutter contre cet oomycète.

Les tisanes telles que celles de prêle et de saule permettent d'induire des mécanismes de protection chez les cépages sensibles. Certains essais ont montré que la décoction de prêle (plus efficace avec une solution hydroalcoolique) peut réduire la sporulation du mildiou de la vigne jusqu'à 70%. La prêle agit en effet en renforçant la cuticule de la plante ce qui rend la pénétration du champignon plus difficile. Le saule a quant à lui la capacité d'augmenter les défenses de la vigne en régulant l'humidité au niveau de ses feuilles de manière à rendre l'installation des champignons plus difficile. Les extraits de saule peuvent aussi être associés à d'autres extraits de faibles doses de cuivre et de soufre pour gagner en efficacité. Cela permet en même temps de réduire la dose de ces produits.

L'application est à réaliser le matin, avec trois traitements : un début avril (au débourrement, stade pointe verte), un en mai et un en juillet/août. Il est recommandé pour le mélange d'utiliser de l'eau de pluie pour limiter la présence de calcaire et de chlore : le pH doit être compris entre 5 et 6.5. Dès le printemps, il faut pulvériser préventivement par temps frais sur les grappes (après une pluie). Certaines précautions d'emploi sont à prendre en considération. Les extraits de prêle des champs risquent de provoquer un assèchement de la plante (surtout en été). Il est possible de mélanger les extraits de prêle avec ceux d'ortie et de saule pour limiter cet effet desséchant, en plus de renforcer la protection de la vigne. En effet, le phénomène de contournement est également valable pour ces produits. Alterner les substances de base permet de diminuer ce risque. Il est également possible de les employer dans les badigeons d'automne et d'hiver, et après la taille, pour limiter l'installation des champignons. Il faut cependant considérer qu'une utilisation trop intensive peut avoir des effets néfastes pour la culture et son environnement. En effet, si plus de dix applications ont été menées sur la même culture en un an, le fonctionnement du sol peut être perturbé avec la destruction de sa flore de champignons.

[22] Le biocontrôle en vigne, lien: https://www6.bordeaux-aquitaine.inrae.fr/sante-agroecologie-vignoble/

Botrytis

Le Botrytis est champignon qui peut être à l'origine de dégâts considérables certaines années, et plus particulièrement dans les zones de production au climat humide, tempéré à chaud. Les pertes qu'il entraîne peuvent se manifester après la récolte, lors du transport et du stockage des grappes de raisin.[23] Sur vigne, ce ravageur crée surtout des dommages sur les baies de raisin.

En viticulture biologique, 3 produits de traitement de type biocontrôle sont disponibles pour lutter contre le pathogène : Serenade Max®, Armicarb® et Botector®. Ces résultats sont issus des travaux menés par le RESAQ VitiBIO Aquitaine.[24]

Un autre levier d'action contre ce ravageur est le Aureobasidium pullulans. Celui-ci est un bio fongicide à base de champignons efficace pour lutter contre la pourriture grise de la vigne. Sa méthode d'utilisation consiste en la pulvérisation sur la végétation pour créer un film protecteur qui va entrer en compétition spatiale avec ces champignons phytopathogènes. Il est recommandé de limiter l'usage de fongicide et d'éviter l'application en période gélive.

Il faut rappeler que la plupart des fongicides de synthèse sont fasse à une impasse du fait de résistances vis-à-vis des principales familles de substances actives utilisables sur vigne en France dans les populations de Plasmopara viticola (agent du mildiou), Erysiphe necator (agent de l'oïdium de la vigne), Botrytis cinerea (agent de la pourriture grise).

De manière générale, la prévention et la gestion des résistances reposent sur la diversification de l'usage des modes d'action, qui s'appuie sur différentes stratégies : limitation des traitements, association de modes d'actions différents, alternance des modes d'action, mosaïque territoriale et modulation de la dose (peu utilisée en viticulture pour gérer la résistance). Les stratégies anti-résistance visent à maximiser l'hétérogénéité de la sélection par les fongicides et ainsi à réduire l'adaptation des populations.

La mise en œuvre de mesures prophylactiques est une nécessité pour améliorer la stratégie de protection en limitant les risques de résistance.

En ce qui concerne plus spécifiquement la pourriture grise, la prophylaxie doit s'appliquer, quel que soit le risque parcellaire. En effet, en cas de risque faible, la prophylaxie rend souvent inutile l'application de traitements. Il convient de :

- bien aérer les grappes par une taille et un mode de palissage qui assurent une répartition homogène des grappes. L'ébourgeonnage, le rognage, l'effeuillage et, éventuellement, l'éclaircissage permettent d'éviter l'entassement de la végétation. Attention à ne pas favoriser les coups de soleil en éclaircissant trop fort.

- limiter les blessures des baies par une maîtrise correcte des vers de la grappe et de l'oïdium lors de fortes pressions afin de diminuer les portes d'entrée du champignon dans les baies.

- limiter les blessures engendrées lors des opérations d'effeuillage en effectuant les réglages adéquats du matériel utilisé. [25]

[23] Les symptômes de la vigne, ephytia, INRA, lien : http://ephytia.inra.fr/fr/C/6979/Vigne-Principaux-symptomes
[24] Produits de biocontrôle contre la pourriture grise, lien: https://www.vignevin.com/article/produits-de-biocontrole-contre-la-pourriture-grise/
[25] Note technique 2021, lien : https://www.vignevin.com/wp-content/uploads/2021/02/Note-technique-commune-vigne-2021Vdef.pdf

Cryptoblabes

Les attaques de cryptoblabes sont un phénomène nouveau dans les domaines étudiés mais les impacts sur la production ne sont pas négligeables. Il s'agit d'un papillon qui s'attaque aux grappes qui atteignent la pleine maturité. Depuis le début de l'été 2020, est autorisée une solution de biocontrôle similaire à celle utilisée pour eudémis. Elle a montré son efficacité sur le domaine Denim avec une forte diminution des pertes. Un nouveau produit de confusion sexuelle (Cryptotec) a récemment été proposé. Son emploi doit être couplé à la mise en place de pièges pour déterminer les périodes de vol des adultes. Généralement, le premier vol s'effectue en mai, il faut disposer les diffuseurs avant cette période à base d'environ 400 diffuseurs par hectare pour une couverture de 180 jours qui couvre entièrement la vendange.

Une autre méthode de lutte est à l'essai. En effet, l'utilisation de Trichogramma spp. ; guêpes parasitoïdes des œufs de lépidoptères sont déjà utilisées contre la tordeuse de la grappe ou la pyrale du maïs. Des expérimentations sont actuellement en cours mais leur usage contre les cryptoblabes pour bien être confirmé suite à des premiers résultats encourageants.

Flavescence dorée

Pour contrôler rapidement et correctement la flavescence dorée, l'observation des parcelles est essentielle, afin de détecter le plus tôt possible les pieds infectés. La formation du personnel travaillant dans les vignes pour détecter les symptômes typiques de cette maladie est aussi importante. Dans les parcelles affectées, il devient nécessaire de mettre en place des bonnes pratiques de désinfection des outils de coupe entre chaque cep pour limiter les risques de propagation.

S'assurer de l'absence de contamination sur le matériel végétal lors de la plantation d'une nouvelle parcelle est également une étape essentielle. Pour limiter ce risque, des traitements à l'eau chaude (TEC) préalablement à la plantation peuvent être réalisés, cela est motivé du fait que le phytoplasme de la flavescence dorée est sensible à la chaleur. Il s'agit de plonger, pendant 45 minutes et à 50°C, les pieds et greffons dans de l'eau. Il est nécessaire d'utiliser une cuve de traitement spéciale pour assurer une circulation de l'eau, pour garder une température homogène. En effet, le temps et la température doivent être respectés à la lettre pour éviter des conséquences négatives sur la vigueur de la vigne. De plus, il est recommandé qu'avant et après le traitement, les plantiers soient conservés dans des chambres froides à 5°C et dans une forte humidité. Il s'agit de recommandations axées sur la plantation et serait donc à préconiser au pépiniériste.

Conclusion

Les problématiques récurrentes rencontrées sur les domaines Paul Mas sont la présence d'esca et une faible vigueur. De plus, notre enquête a fait ressortir des IFT généralement élevés et des taux de matière organique relativement faible dans les sols.

En conclusion, nous proposons plusieurs leviers sur l'ensemble des domaines afin d'améliorer les pratiques dans un objectif de transition agroécologique :

L'installation d'une station météo sur les domaines n'en possédant pas déjà une et l'exploitation de cette station couplée à des logiciels d'aide à la décision du pilotage de l'irrigation et d'estimation de la pression phytosanitaire.
Le pilotage de l'irrigation peut être effectué à partir du calcul de la demande climatique (ETP) obtenue grâce à des données météos. Ainsi, lorsque les besoins en eau de la vigne sont supérieurs à la fourniture par le sol et la pluie, l'irrigation peut être activée. Ce pilotage peut être aidé par des entreprises de conseil tels que CICOVI ou Languedoc œnologie. De plus, le calcul de la demande climatique offre une meilleure visibilité sur les risques de contrainte hydrique afin de mieux gérer l'enherbement et les couverts, qui pourront être détruits lorsque la demande climatique devient supérieure à la pluviométrie. Il existe certains logiciels calculant la pression mildiou à partir de données météos afin de positionner au mieux les traitements. Couplé à des logiciels de calcul des doses (tel qu'Optidose), ces leviers permettent de réduire les IFT de manière significative.

Un second point important afin d'améliorer les pratiques des domaines Paul Mas, est une connaissance plus approfondie des sols. Ainsi nous conseillons de réaliser des analyses de sol sur toutes les parcelles présentant des problèmes (de vigueur notamment) ainsi que des fosses pédologiques, afin de mieux comprendre dans quelle mesure le sol participe à ces problèmes.
Ces données sont indispensables à la réalisation de plans de fumure adaptés, mais aussi au calcul de la réserve utile, afin de piloter plus finement l'irrigation et la gestion de l'enherbement. Cette dernière doit être adaptée en fonction de chaque parcelle (réserve utile, profondeur de sol, vigueur de la vigne) et des objectifs souhaités (augmentation du taux de MO, portance, etc.). Ainsi chaque domaine devrait expérimenter ses propres couverts afin de répondre à ses propres objectifs.

La mise en place de ces leviers ne peut être dissociée de la dispensation de formations aux chefs de culture, afin de mieux appréhender les logiciels d'OAD, le fonctionnement du sol, les dynamiques des maladies cryptogamiques ainsi que les différentes solutions agroécologiques existantes. De plus, une personne ressource, chargée de répertorier les initiatives des domaines et de conseiller les chefs de culture, serait un plus. Cette action permettra d'améliorer et de fluidifier la mise en place de pratiques agroécologiques au sein des domaines Paul Mas.

Le projet que nous avons mené est le premier réalisé dans le cadre du partenariat entre les Domaines Paul Mas et la Chaire AgroSys. Nous espérons ainsi que notre travail permettra l'émergence d'autres projets avec les étudiants de Montpellier SupAgro, pour approfondir et travailler sur de nouvelles problématiques que rencontrent les domaines Paul Mas.

Annexes

Annexe 1 : Description des indicateurs agroécologiques utilisés

Indicateurs	Règle de décision	Calcul
IFT*	- Si IFT<15 : moyen - Si 15 <= IFT < 20 : élevé - Si IFT >= 20 : très élevé	https://alim.agriculture.gouv.fr/ift/
IFTb/IFTG*	- Si IFTb/IFTg >= 0,32 : très élevé - Si 0,24 <= IFTb/IFTG < 0,32 : élevé - Si 0,1 <= IFTb/IFTG < 0,24 : moyen - Si IFTb/IFTG < 0,1 : faible	(IFT biocontrôle / IFT global)
utilisation de PNPP	oui / non	Information du questionnaire
Pulvérisateur antidérive	oui / non	Information du questionnaire
Nombre de passages/an**	- Si nb passages >= 25 : très élevé - Si 20 <= nb passages < 25 : élevé - Si 15 <= nb passages < 20 : moyen - Si nb passages < 15 : faible	Bilan traçabilité Smag
Profondeur max de travail du sol**	- Si prof_max >=30 : élevé - Si 15 <= prof_max < 30 : moyen - Si prof_max < 15 : faible	Information du questionnaire
Indice de couverture (Cover Index)***	- Si CI >= 0,7 : très élevé - Si 0,55 <= CI < 0,7 : élevé - Si 0,25 <= CI < 0,55 : moyen - Si CI < 0,25 : faible	(Surface enherbée*durée d'enherbement)/12 + (Surface non enherbée*durée sans enherbement)/12
Intensité de travail du sol	- Si intensité > 20 : élevé - Si 15 < intensité < 20: moyen - Si 5 < intensité < 15 : faible	Moyenne(prof1*frequence1 ; prof2*frequence2 ; etc.)

*Comparaison vis-à-vis de la moyenne d'IFT en Languedoc (source Agreste, JUIN 2020 No 4 Pratiques phytosanitaires en viticulture Campagne 2016).

***Fernandez-Mena et al., Spatial and temporal diversity of service plant management strategies across vineyards in the south of France. Analysis through the Coverage Index. European Journal of Agronomy

Annexe 2 : Synthèse des leviers d'action proposés dans ce rapport et dans les rapports individuels destinés aux chefs de culture

Catégorie	Cible	Leviers	Méthode	Recommandations	Sources	Rapports avec détails
Biocontrôle et traitements	Augmentation des defences naturelles	Tisanes de prêle et saule	Certains essais ont montré que la décoction de prêle (plus efficace avec une solution hydroalcoolique) peut réduire la sporulation du mildiou de la vigne jusqu'à 70%. Période d'application au matin, avec trois traitements : un début avril (au débourrement, stade pointe verte), un en mai et un en juillet-août.	Pour le mélange utiliser de l'eau de pluie pour limiter la présence de calcaire et de chlore : le pH doit être compris entre 5 et 6.5. Dès le printemps, pulvériser préventivement par temps frais (après une pluie). Mildiou : pulvérisation sur les grappes est plus efficace et oïdium : pulvérisation foliaire est plus efficace.	Chambre d'agriculture Pays de la Loire, Les extraits végétaux en viticulture. Utilisations et effets face aux maladies et ravageurs de la vigne. Cahier technique, 2019	Astruc
Biocontrôle et traitements	Botrytis	Utilisation d'Aureobasidium pullulans	En pulvérisation sur la végétation pour créer un film protecteur qui va entrer en compétition spatiale avec les champignons phytopathogènes tel le Botrytis	Eviter l'application en période gélive et maintenir une couverture du sol		Vignobles Paul Mas
Biocontrôle et traitements	Confusion sexuelle	Implantation de haies brises vent	En zone très venteuses, évite la dérive des phéromones			
Biocontrôle et traitements	Cryptoblabes	Confusion sexuelle	Cryptotec : diffuseur de phéromones	Utilisation à 400 diffuseurs/ha pour 180 jours de protection	Réussir Vigne,fiche biodiversité : Cryptoblabes Gnidiella, un ver de la grappe en pleine expansion, Publié le 26 mai 2020 sur ephy.anses	Vignobles Paul Mas ; Lauriga
Biocontrôle et traitements	Cryptoblabes	Prédateur parasitoide : Trichogramma ssp	Trichogramma spp.; guêpes parasitoïdes des oeufs de lépidoptères et déjà utilisés contre la tordeuse de la grappe	Seulement des essais expérimentaux pour le moment	https://agriculture.gouv.fr/le-trichogramme-la-star-des-campagnes	Vignobles Paul Mas ; Lauriga
Biocontrôle et traitements	Esca	Lutte préventive avec Trichoderma Spp	En badigeonnage sur les plaies de taille ou en pulvérisation, Efficacité variable Indisociable de mesures prophylactiques	La mycorhization des plants sert à lutter contre les maladies fongiques du sol et favoriser la croissance du pied. Pour favoriser l'implantation de Trichoderma, il faut limiter l'usage de fongicides, éviter l'application en période gélive , limiter le labour et maintenir une couverture du sol	IFVV,IFVV,O.Yobregat, P.Larignon, 2021,Cahier pratique:Comment lutter contre les maladies du bois de la vigne	Château Villegly ; Vignobles Paul Mas
Biocontrôle et traitements	Esca	Reduction de l'innoculum	Ne pas laisser sur place les sarments et les bois morts infectés Eviter les regroupements de souches à proximité des vignes Désinfection des outils (contre bacteries, peu efficace contre champi)	Permet de ne pas laisser des réservoirs de champignons dans la parcelle et peut limiter la propagation de la maladie	IFVV,O.Yobregat,P.Larignon,2021,Cahier pratique:Comment lutter contre les maladies du bois de la vigne	Château Villegly ; Vignobles Paul Mas
Biocontrôle et traitements	Esca	Pratiques curatives : recepage, curetage et regreffage	Recepage : Laisser un pampre sur un pied malade pour qu'il devienne le nouveau ceps puis suppression de la partie du ceps malade Curetage : On creuse le cep pour retirer le bois malade	Depend de l'etat d'infection du cep et de la parcelle : nécessite de la technique, peut être dangeureux pour le cep, moins couteux que la complantation avec un taux de réussite d'au moins 60%	FVV,A.ROCQUE,2021 (https://www.vignevin.com/article/regenerer-la-vigne-par-le-recepage-le-regreffage-ou-le-curetage/)	Vignobles Paul Mas

Catégorie	Cible	Leviers	Méthode	Recommandations	Sources	Rapports avec détails
Biocontrôle et traitements	Escargot	Cuivre	Le cuivre a une action répulsive sur les escargots	En application foliaire		Vignobles Paul mas
Biocontrôle et traitements	Escargot	Prédation	L'introduction de coléoptères prédateurs des escargots (le vers luisant Lampyris noctiluca , les carabes (Carabidae), la larve de Drilus flavescens (Drilidae))		http://ephytia.inra.fr/fr/C/26185/Vigne-Escargots	Vignobles Paul Mas
Biocontrôle et traitements	Escargot	Piégage + mollucide	Le piégage permet un suivi des populations pour déclencher le traitement mollucile seulement quand la pression est trop importante.	IRON MAX PRO (granulé) : produit autorisé en agriculture biologique. Dose homologuée : 7 kg/ ha.		Vignobles Paul Mas
Biocontrôle et traitements	Escargot	Paillage	Déjà utilisée en maraîchage, à tester sur le rang. Un paillage BRF pourrait être envisagé : couteux (20 à 40€ le m3) mais peut constituer un apport sur le long terme en matière organique. Le paillage peut être réalisé avec un matériau moins coûteux comme les paillettes de lin.			Château Villegly ; Vignobles Paul Mas
Biocontrôle et traitements	Flavescence dorée	Traitement à l'eau chaude	Avant plantation, immersion des pieds dans des bacs d'eau à 50°C pendant 45 minutes		Fiche technique « Le traitement à l'eau chaude (TEC), Winetwork Réseau pour l'échange et le transfert d'innovation entre régions viticoles européennes	Château Villegly
Biocontrôle et traitements	Insectes ravageurs	Favoriser les prédateurs généralistes (araignées...)	Aménager des habitats pour favoriser les auxiliaires - Maintenir une couverture végétale dans l'inter-rang (mulch, bandes fleuries, enherbement) - Gérer et entretenir les bordures de parcelles (bandes fleuries, haies, talus) - Implanter des cultures intermédiaires attractives pour les auxiliaires • Pratiquer les techniques culturales sans labour (TCSL) pour ne pas détruire les cachettes des araignées chassant au sol - Utiliser la confusion sexuelle - Utiliser les pesticides en dernier recours			
Biocontrôle et traitements	Réduction des doses	Utilisation de technologies réductrices de dérive (TRDP)	Installer des buses homologuées "réductrices de dérive", des buses produisant peu de fines gouttes, des buses à injection d'air, des adjuvants réducteurs de dérive	Pulvériser à faible pression et à faible vitesse permet de diminuer le risque de dérive et de perdre moins de produit.	https://ecophytopic.fr/sites/default/files/Prowadis_Document_Reference_Derive_cle8ffd37.pdf	
Biocontrôle et traitements	Réduction des doses	S'assurer de la conformité des modes d'applications	S'informer sur les méthodes d'applications optimales des produits de biocontrôle	Certains produits de biocontrôles (par excomposés d'organismes vivants) doivent être appliqués selon des méthodes particulières afin d'assurer leurs efficacités (prendre en compte le mode d'application, la vitesse de déposition, le mélange avec autres produits, ...).	"Procédures règlementaires applicables aux produits de bio-contrôle", Guide pédagogique ITAB-ONEMA (2013)	

Catégorie	Cible	Leviers	Méthode	Recommandations	Sources	Rapports avec détails
Biocontrôle et traitements	Réduction des doses	Réaliser un suivi des conditions météorologiques sur chaque domaine	Mettre en place des stations météorologiques sur chaque domaine	Le suivi météorologique permet de prévoir le développement de certaines maladies et d'avoir une gestion intégrée des maladies		
Biocontrôle et traitements	Réduction des doses	Créer de Témoin Non Traités (TNT)	Dans une des parcelles le plus sensibles, TNT positionné en bordure de parcelle. Consitué de 4 rangs consécutifs. Les observations se portent sur 50 ceps, les memes au cours de toute la campagne. à observer toutes les semaines.		Guide de l'observateur / La vigne, Chambre de l'Agriculture Nouvelle-Aquitanie, Mars 2014	
Biocontrôle et traitements	Réduction des doses	Calcul de la dose à appliquer en fonction de l'état végétatif de la vigne	Utiliser un outil comme optidose ou optidose pro pour calculer les doses suffisantes	Adhérer à l'outils optidose pro présente des avantage supplémentaire (évaluation des risques à 3j en fonction météo etc)		Astruc
Biocontrôle et traitements	Tordeuses de la grappe / Botrytis	Bactérie du genre Bacillus	Pulvérisation de Bacillus thuringiensis contre la tordeuse de la grappe et de Bacillus Amyloliquefaciens contre Botrytis	Ne pas appliquer avant une pluie et en période gélive		
Enherbement et gestion du sol	Adventices (prêles)	Choix de l'enherbement	Utiliser un mélange d'espèces concurrentielles avec la prêle sur le rang ou l'inter rang	Le choix du couvert doit être adapté à chaque terroir et au besoins spécifiques des parcelles		Château Villegly
Enherbement et gestion du sol	Apports nutritifs	Caractériser les apports des couverts	Evaluer les apports N, P, K des couverts végétaux à l'aide de la méthode MERCI (Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires)			
Enherbement et gestion du sol	Battance	Couvert	Couvrir le sol le plus possible et réduction du travail du sol pour ne pas casser sa structure	Couvert vivant en hiver, couché ou broyé au printemps pour servir de mulch pour l'été, réduction du travail du sol pour ne pas casser sa structure	https://aveyron.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/etude-couv-veg-web.pdf	
Enherbement et gestion du sol	Escargot	Choix de l'enherbement	Utilisation de plantes repoussantes ou les attirants dans le rang pour déplacer les escargots	Le choix du couvert doit être adapté à chaque terroir et au besoins spécifiques des parcelles		Château Villegly Vignobles Paul Mas

Catégorie	Cible	Leviers	Méthode	Recommandations	Sources	Rapports avec détails
Enherbement et gestion du sol	Hydromorphisme	Installation de drain	A faire avant plantation, ou à envisager après coup si la plantation est déjà effectuée, à l'aide d'une sous-soleuse draineuse			Terres Denim
Enherbement et gestion du sol	Hydromorphisme	Implantation de couvert en hiver	Implantation de couvert en hiver. Ces derniers en transpirant permettent de mieux évacuer l'eau du sol	Utiliser des couverts à fort pouvoir structurant afin de favoriser une structure du sol poreuse : radis chinois, moutarde, feverolle, graminées...	https://aveyron.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/etude-couv-veg-web.pdf	Terres Denim
Enherbement et gestion du sol	Matière organique	Apport de Matière organique	Calcul des apports de matière organique à faire pour redresser le taux de MO selon un objectif donné. Se référer à la partie Fertilisation pour plus de détails	Redresser le taux de matière organique à 2%		
Enherbement et gestion du sol	Matière Organique et apports nutritifs	Choix de l'enherbement	Utiliser des plantes à forte production de biomasse : améliore la fraction d'azote labile du sol. Le choix des espèces influence la biomasse microbienne (ex : légumineuses) ; et ainsi le potentiel de minéralisation de l'azote. Le C/N du couvert qui va être restitué est très important.	Pour optimiser les apports en azote et en MO : Privilégier des couverts à C/N faibles (à détruire quand la vigne est active et a des besoins en azote, sinon concurrence). Si destruction du couvert en période de repos de la vigne, privilégier des C/N moyen pour ne pas engendrer de perte d'azote et optimiser la valorisation du Carbone organique.	Couverts végétaux et apports de MO, Perspectives agricoles 2015 Mémoire décomposition des légumineuses	Astruc
Enherbement et gestion du sol	Pilotage enherbement	Utiliser un outil de pilotage de l'enherbement	Utiliser des règles de décisions pour les opérations d'entretien et de destruction de l'enherbement	L'utilisation de règles de décisions permet d'optimiser l'intervention dans les parcelles et de limiter le rattrapage manuel	Source : Frey H. Mémoire de fin d'études. Analyse des pratiques d'enherbement des viticulteurs et formalisation des règles de décision utilisées pour le pilotage. 2016	
Enherbement et gestion du sol	Pilotage enherbement	Utiliser des indicateurs pour piloter l'enherbement	Variables à mesurer : statut hydrique de la vigne (indice d'arrêt de croissance, potentiel hydrique foliaire de base, potentiel hydrique foliaire de tige, réserve utile, FTSW), statut azoté de la vigne (INN) et activité de l'herbe (C/N de l'herbe, observation du stade phénologique de l'herbe)	Le suivi des indicateurs du statut hydrique ou azoté de la vigne permet d'identifier les phases où le couvert peut être concurrent pour la vigne et d'agir en conséquence.	Source : Frey H. Mémoire de fin d'études. Analyse des pratiques d'enherbement des viticulteurs et formalisation des règles de décision utilisées pour le pilotage. 2016	
Enherbement et gestion du sol	Portance	Choix de l'enherbement	Utiliser des espèces couvrantes et développant un système racinaire dense pour protéger la structure du sol	Le choix du couvert doit être adapté à chaque terroir et au besoins spécifiques des parcelles		
Fertilisation		Suivi par analyse pétiollaire	Suivre les besoins du cycle aux stades clés de la vigne			Vignobles Paul Mas

Catégorie	Cible	Leviers	Méthode	Recommandations	Sources	Rapports avec détails
Fertilisation		Ajuster la fertilisation aux objectifs de production	Calculer l'efficience d'utilisation des engrais	Le calcul d'efficience d'utilisation des engrais permet d'ajuster au mieux la fertilisation et d'économiser des intrants par rapport aux objectifs de production.		
Fertilisation		Ajuster la fertilisation aux besoins de la vigne	Réaliser des analyses de sol sur chaque parcelle	La connaissance des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols permet d'ajuster la fertilisation par rapport à la fourniture du sol et aux besoins de la plante.		Vignobles Paul Mas
Fertilisation		Connaitre les caractéristiques des sols	Faire des fosses pédologiques sur les parcelles avant plantation	La réalisation de diagnostics agronomiques via l'étude de fosses pédologiques permet d'ajuster l'itinéraire technique (fertilisation, passages tracteurs, ...)	https://aveyron.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/etude-couv-veg-web.pdf	Vignobles Paul Mas
Irrigation	Ressource en eau	Optimiser l'irrigation	Ajuster les doses et fréquences d'apports à l'aide d'outils d'aide à la décision	Ces outils d'aides à la décision peuvent permettre d'effectuer des économies conséquentes en eau et une meilleur efficience de son utilisation Installation sondes Installation station météo QAD commerciaux: i-pilote®,CICOVI	Doc irrigation paul mas Ojeda,Saurin,2014 VAN LEEUWEN 2001 Laurent,Ruelle,2002 Deloire,2018 Berg,2018	Vignobles Paul Mas

Annexe 3 : Liens vers des documents utiles sur la gestion de l'enherbement en vigne

Lien vers des articles de l'outil GECO du portail Echophytopic :

- l'enherbement total en viticulture: https://geco.ecophytopic.fr/concept/-/concept/voir/http%253A%252F%252Fwww%252Egeco%252Eecophytopic%252Efr%252Fgeco%252FConcept%252FPratiquer_L_Enherbement_Total_En_Vigne

- l'implantation d'un engrais vert en viticulture: https://geco.ecophytopic.fr/concept/-/concept/voir/http%253A%252F%252Fwww%252Egeco%252Eecophytopic%252Efr%252Fgeco%252FConcept%252FImplanter_Des_Engrais_Vert_En_Inter-rang

- la destruction d'un engrais vert en viticulture: https://geco.ecophytopic.fr/concept/-/concept/voir/http%253a%252f%252fwww%252egeco%252eecophytopic%252efr%252fgeco%252fConcept%252fDetruire_Les_Engrais_Verts_En_Vigne

Lien vers un article de l'IFV sur la destruction des engrais verts :

http://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/destruction-des-engrais-verts/#

Lien vers un article du 17 février 2017 sur la formation d'un GIEE entre le BioCivam 11 et l'association Chemin cueillant pour travailler sur l'enherbement et l'agroforesterie en viticulture :

https://www.produire-bio.fr/articles-pratiques/couverts-vegetaux-agroforesterie-vignerons-bio-de-laude-se-regroupent/

Fiche technique issue du site ecophytopic résumant les caractéristiques de diverses espèces semées :

https://ecophytopic.fr/sites/default/files/Esp%C3%A8ces%20couvert%20engrais%20vert%20vigne.PNG