



HAL
open science

Analyse des pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise

Mathilde Gibaud

► **To cite this version:**

Mathilde Gibaud. Analyse des pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise. Biodiversité et Ecologie. 2021. dumas-03645090

HAL Id: dumas-03645090

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03645090v1>

Submitted on 19 Apr 2022

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

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

Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome
Option Production Végétale Durable

Analyse des pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise



par Mathilde GIBAUD

Année de soutenance : 2021

Organisme d'accueil :
Agribiodrôme



● **Agribiodrôme** ●
Les Agriculteurs **BIO** de la Drôme

Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome

Option Production Végétale Durable

Analyse des pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise



par Mathilde GIBAUD

Année de soutenance : 2021

**Mémoire préparé sous la direction
de : Léo GARCIA**

Présenté le : 14/09/2021

Devant le jury :

Aurélie METAY

Christian GARY

Organisme d'accueil : Agribiodrôme

Maître de stage : Julia WRIGHT

Résumé

Titre : Analyse des pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise.

Résumé : Les couverts végétaux sont très utilisés en viticulture, notamment en viticulture biologique, pour faire face à la diminution de la qualité des sols. Il existe de nombreuses façons de les gérer, ce qui impacte leurs performances et rend difficile l'adoption de cette pratique. Comment les pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise affectent-elles les performances et les coûts de ces couverts ? Des entretiens semi-directifs ont été menés auprès de 16 viticulteurs bio de la Drôme adhérents à Agribiodrôme. Les performances de production de biomasse et de restitution de minéraux ont été évaluées sur les couverts de 27 parcelles. Ces couverts sont principalement utilisés pour augmenter l'activité biologique et améliorer la qualité physique des sols. Ce sont majoritairement des mélanges de 3 espèces, semés sur 1 inter-rang sur 2, entretenus par un broyage ou un roulage et non enfouis. Le principal coût des couverts est le matériel, et l'opération la plus longue est le chantier de semis. Les parcelles étudiées peuvent être séparées en 4 groupes se différenciant par les pratiques de gestion du couvert. Peu de différences en termes de performances techniques ont été observées entre ces 4 groupes. Cependant, la méthode d'entretien influence la performance de restitution de magnésium : un couvert seulement roulé restitue potentiellement plus de magnésium qu'un couvert broyé puis roulé. La date de semis influence la performance de stockage d'azote dans le couvert ainsi que les restitutions potentielles d'azote : un semis mi-septembre permet d'optimiser ces performances par rapport à un semis début octobre ou début novembre. Il faudrait poursuivre cette évaluation des performances les prochaines années pour renforcer les résultats obtenus, sans oublier que la production de biomasse et les restitutions de minéraux par le couvert ne sont pas des objectifs recherchés par tous les viticulteurs.

Mots-clés : couverts végétaux, pratiques agricoles, restitutions de minéraux, viticulture biologique, coût et temps de travail

Pour citer ce document :

Gibaud, Mathilde, 2021. Analyse des pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise. Mémoire de fin d'études, diplôme d'Ingénieur Agronome, option Production Végétale Durable, l'institut Agro | Montpellier SupAgro. 69 p.

Abstract

Title: Analysis of management practices for sown cover crops in organic viticulture in the French department of Drôme.

Summary: Cover crops are widely used in viticulture, especially in organic viticulture, to address issues of soil quality reduction. There are many ways to manage them, which impacts their performances and makes it difficult to adopt this practice. How do the management practices of sown cover crops in organic viticulture in Drôme impact the performances and costs of these cover crops? Interviews were conducted with 16 organic wine growers in Drôme. The performances of biomass production and nutrient release were evaluated on the cover crops of 27 plots. These cover crops are mainly used to enhance biological activity and improve soil physical quality. They are mostly mixtures of 3 species, sown on 1 inter-row out of 2, maintained by crushing or rolling and not buried. The main cost of the cover crops is the material, and the longest operation is the sowing. The studied plots can be separated into 4 groups, each differentiated by the cover crop management practices. Few differences in terms of technical performances were noticed between these 4 groups. However, the maintenance method influences the magnesium release performance: a cover crop that is only rolled potentially releases most magnesium than a cover crop that is crushed and then rolled. The sowing date influences the performance of nitrogen storage in the cover crop and the potential nitrogen release: sowing in mid-September can optimize these performances compared to sowing in early October or early November. This performance evaluation should be continued in the coming years to reinforce the results obtained, without forgetting that cover crop biomass production and nutrient release performances are not objectives of all wine growers.

Key words: cover crops, agricultural practices, nutrient releases, organic viticulture, cost and work time

Remerciements

Je remercie mes parents pour l'éducation qu'ils m'ont offerte et leur soutien sans faille tout au long de mes études. Eux et mes frères ont le mérite de m'avoir supportée presque tous les week-ends pendant ces 6 années.

Je remercie tous les producteurs d'Agribiodrôme, viticulteurs et céréaliers, qui se sont prêtés à cette étude et ont accepté de partager leurs connaissances et leur expérience.

Je remercie Julia Wright, ma maîtresse de stage à Agribiodrôme, pour son accompagnement pendant ces 6 mois et pour m'avoir fait découvrir le métier de chargé de mission dans le réseau Bio.

Je remercie Léo Garcia, mon tuteur de Montpellier SupAgro, pour son suivi, ses conseils avisés et sa réactivité face à mes interrogations. Je remercie également les professeurs de Montpellier SupAgro, et en particulier l'équipe pédagogique de PVD qui a organisé cette année très enrichissante et qui a été réactive et rassurante pendant mes recherches de stages.

Je remercie Juliette, avec qui j'ai partagé le « bureau des stagiaires » d'Agribiodrôme, et les autres stagiaires du Pôle Bio pour les échanges et les repas partagés même les jours où le Pôle Bio était presque vide.

Je remercie toute l'équipe d'Agribiodrôme pour l'accueil chaleureux, pour m'avoir intégrée dans le réseau Bio, et pour leurs conseils touristiques de découverte de la Drôme.

Table des matières

Résumé	3
Abstract.....	4
Remerciements	5
Table des matières	6
Liste des figures.....	8
Liste des tableaux.....	10
Sigles et acronymes	11
Introduction	12
I. Contexte et état de l'art.....	14
A. Des enjeux majeurs autour des sols viticoles.....	14
B. Réponses et limites de la viticulture biologique face aux enjeux de qualité des sols.....	15
C. Les couverts végétaux en viticulture : levier et compromis pour répondre aux enjeux de qualité des sols	16
1. Définitions des couverts végétaux.....	16
2. Amélioration de la qualité physique des sols.....	16
3. Amélioration de la fonction de nutrition des sols	18
4. Protection des vignes et diminution de l'utilisation de pesticides	19
D. Rôle d'Agribiodrôme dans le développement des couverts végétaux en vignes.....	21
1. Présentation de l'association	21
2. Contexte du stage.....	21
II. Problématique et démarche	22
III. Matériel et méthodes	23
A. Entretiens semi-directifs	23
1. Sélection de l'échantillon de viticulteurs.....	23
2. Sélection de l'échantillon de parcelles	23
3. Données collectées par les entretiens.....	23
B. Evaluation des performances techniques des couverts	24
1. Sélection de l'échantillon de couverts végétaux.....	24
2. Performances techniques étudiées	24
3. Pesée de biomasse fraîche.....	25
4. Calcul de la biomasse sèche, des rapports C/N et de l'azote stocké	25
5. Calcul des restitutions des couverts végétaux	25
6. Calcul des variables bio-climatiques.....	27
C. Stratégie d'analyse des données	27
1. Analyse descriptive des résultats des entretiens semi-directifs	27

2.	Typologie de parcelles d'après les objectifs et les pratiques de gestion des couverts végétaux	29
3.	Analyse des performances techniques des couverts	29
IV.	Résultats.....	30
A.	Présentation de la population observée.....	30
B.	Objectifs et pratiques de gestion des couverts végétaux.....	31
1.	Enjeux et objectifs des couverts végétaux.....	31
2.	Pratiques de gestion des couverts végétaux.....	32
C.	Contraintes, coûts et temps de travail liés aux couverts végétaux.....	34
D.	Typologie des parcelles selon les objectifs et les pratiques	34
1.	Quatre groupes de parcelles	34
2.	Description du groupe 1.....	36
3.	Description du groupe 2.....	36
4.	Description du groupe 3.....	37
5.	Description du groupe 4.....	38
E.	Performances techniques des couverts végétaux.....	38
1.	Performances des couverts au moment de leur destruction	38
2.	Performances dépendant du climat	39
3.	Restitutions des couverts.....	40
F.	Effet des pratiques de gestion des couverts sur les performances techniques	42
1.	Effet de la méthode d'entretien	42
2.	Effet de la date de semis.....	42
V.	Discussion.....	43
A.	Représentativité de l'échantillon observé	43
B.	Des objectifs et des pratiques qui dépendent plus du viticulteur que de la parcelle ...	43
C.	Des objectifs multiples pour les couverts végétaux	43
D.	Un temps de travail et des coûts limités	44
E.	Des pratiques d'entretien et de destruction du couvert adaptées aux contraintes hydriques.....	45
F.	Une date de destruction à adapter selon la pluviométrie.....	46
G.	Des pratiques qui favorisent certaines performances	47
H.	Des couverts végétaux qui participent à la fertilisation de la vigne	48
I.	Limites des méthodes d'évaluation des performances techniques.....	48
1.	Limites de la méthode MERCI	48
2.	Limites du formalisme STICS	49
3.	Limites de l'équation de Vigil et Kissel.....	50

J. Un suivi des performances à faire par la méthode MERCI et le formalisme STICS.....	50
VI. Conclusion	51
VII. Références bibliographiques	52
Annexes.....	56
Annexe 1 : Guide d'entretien	56
Annexe 2 : Description des classes.....	64
Annexe 3 : Pratiques de gestion des couverts végétaux	66
Annexe 4 : Temps de travail liés aux couverts végétaux	67
Annexe 5 : Performances techniques des couverts végétaux	68

Liste des figures

Figure 1 : Configuration des surfaces de prélèvement selon 2 situations : si l'inter-rang couvert a une largeur supérieure ou égale à 1 m (Figure a) ou inférieure à 1 m (Figure b).	25
Figure 2 : Carte de localisation des couverts végétaux et des stations climatiques étudiés dans le département ou aux limites de la Drôme	30
Figure 3 : Moyenne de la pluviométrie cumulée par décennie entre janvier 2011 et juin 2021 pour les stations de Die et Mercuriol, et entre novembre 2014 et juin 2021 pour la station de Visan. Les données climatiques ont été fournies par la Chambre d'Agriculture de la Drôme et Météo France, et par le Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin (ROMMA) et le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Lez.	30
Figure 4 : Date de semis des différents couverts végétaux en 2019 et 2020. NC signifie que le couvert n'est pas concerné par cette pratique.	32
Figure 5 : Pratiques d'entretien des couverts végétaux étudiés en 2020 et 2021. NC signifie que le couvert n'est pas concerné par cette pratique, et NA signifie que la donnée n'est pas renseignée pour ce couvert.	33
Figure 6 : Coût d'achat des semences pour 2020	34
Figure 7 : Graphique des individus (les différentes parcelles) dans le plan formé par les 2 premières dimensions de l'ACM, et colorés selon leur groupe déterminé par la CAH	35
Figure 8 : Représentation des 20 premières modalités ayant contribué le plus à la construction des axes de l'ACM. Les modalités sont en rouge et symbolisées par un triangle rouge, les variables correspondantes sont en noir. orga signifie organique, Nb signifie nombre, cruci signifie crucifères, IRns signifie inter-rangs non semés.....	35
Figure 9 : Performances de production de biomasse et piégeage d'azote des couverts pour la saison 2020-2021	38
Figure 10 : Rapport des teneurs en carbone et en azote des couverts des 4 groupes de parcelles. D'après l'ANOVA, les moyennes par groupe sont différentes si les lettres en-dessous des boxplots sont différentes.	39
Figure 11 : Efficacité d'utilisation de l'eau et production de biomasse par degré-jour des couverts végétaux.....	39
Figure 12 : Pluviométrie et somme des degrés-jours cumulés entre le semis et la destruction des couverts des 4 groupes de parcelles. D'après le test de Kruskal-Wallis, les distributions des valeurs par groupe sont différentes si les lettres en-dessous des box-plots sont différentes.....	40
Figure 13 : Restitution potentielle d'azote 144 jours après la destruction du couvert, selon 3 méthodes d'évaluation. D'après le test de Kruskal-Wallis, les distributions des valeurs selon la méthode d'évaluation sont différentes si les lettres au-dessus des box-plots sont différentes.	41

Figure 14 : Evolution des restitutions potentielles d'azote pendant les 6 mois suivant la destruction du couvert, selon 2 méthodes d'évaluation. Les barres verticales symbolisent les écart-types.	41
Figure 15 : Quantité d'azote stockée dans le couvert selon la date de semis. D'après l'ANOVA, les moyennes par groupe sont différentes si les lettres au-dessus des boxplots sont différentes.	42
Figure 16 : Azote restitué par le couvert après 144 j selon la date de semis et 3 méthodes d'évaluation	42
Figure 17 : Moyenne entre 2011 et 2021 de la pluviométrie par décade à Die. Les données météo ont été fournies par la Chambre d'Agriculture de la Drôme et Météo France. Une flèche rouge représente une parcelle.	46
Figure 18 : Moyenne entre 2011 et 2021 de la pluviométrie par décade à Mercuriol. Les données météo ont été fournies par la Chambre d'Agriculture de la Drôme et Météo France. Une flèche rouge représente une parcelle.	46
Figure 19 : Moyenne de la pluviométrie à la station de Visan entre 2014 et 2021. Les données sont issues du Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin (ROMMA) et du Syndicat Mixte du Bassin Versant du Lez. Une flèche rouge représente une parcelle.	47
Figure 20 : Densité et diversité du semis en 2019 et en 2020. L'indice monospécifique correspond à la somme des proportions des 3 premières espèces en mélange. NA signifie que la donnée n'est pas renseignée pour ce couvert.	66
Figure 21 : Proportions de légumineuses, de graminées et de crucifères en mélange dans les semis de 2019 et 2020.	66
Figure 22 : Pratiques de destruction des couverts végétaux étudiés en 2020 et 2021. NC signifie que le couvert n'est pas concerné par cette pratique, et NA signifie que la donnée n'est pas renseignée.	67
Figure 23 : Temps de travail pour les différentes opérations de gestion du couvert végétal pour la saison 2020-2021	67
Figure 24 : Restitutions de minéraux par les couverts végétaux.	68
Figure 25 : Evolution de la proportion moyenne d'azote minéralisé en fonction du temps après la destruction du couvert, d'après le formalisme STICS. Les barres verticales symbolisent les écart-types.	68
Figure 26 : Restitution potentielle de magnésium (MgO) par les couverts selon la méthode d'entretien. Les moyennes par groupe sont différentes si les lettres au-dessus des boxplots sont différentes.	68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résumé des variables de pratique collectées par les entretiens semi-directifs auprès des viticulteurs.....	23
Tableau 2 : Variables de performance technique des couverts végétaux et sources utilisées pour leur calcul.....	24
Tableau 3 : Modalités des variables décrivant les couverts végétaux des parcelles du groupe 1. Les qualificatifs « très faible, faible, moyen, élevé, très élevé » et « tôt, mi-saison, tard » comparent les couverts de ce groupe avec l'ensemble des couverts étudiés. s39 signifie semaine 39, Nb signifie nombre.....	36
Tableau 4 : Modalités des variables décrivant les couverts des parcelles du groupe 2. Les qualificatifs « très faible, faible, moyen, élevé, très élevé » et « tôt, mi-saison, tard » comparent les couverts de ce groupe avec l'ensemble des couverts étudiés. Nb signifie nombre.....	37
Tableau 5 : Modalités des variables décrivant les couverts des parcelles du groupe 3. Les qualificatifs « très faible, faible, moyen, élevé, très élevé » et « tôt, mi-saison, tard » comparent les couverts de ce groupe avec l'ensemble des couverts étudiés. Nb signifie nombre.....	37
Tableau 6 : Modalités des variables décrivant les couverts des parcelles du groupe 4. Les qualificatifs « très faible, faible, moyen, élevé, très élevé » et « tôt, mi-saison, tard » comparent les couverts de ce groupe avec l'ensemble des couverts étudiés. Nb signifie nombre.....	38
Tableau 7 : Description des classes créées pour les variables quantitatives et les dates. La valeur de gauche n'est pas comprise dans la classe (sauf pour les 1ères classes) et la valeur de droite est comprise dans la classe. Les valeurs entre parenthèses en italique correspondent au nombre de parcelles dans la classe, sachant que certaines variables n'ont pas été renseignées.....	65

Sigles et acronymes

AB : Agriculture Biologique

ACM : Analyse en Correspondance Multiple

ANOVA : Analyse de la Variance

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrates

COS : Carbone Organique des Sols

FNAB : Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique

FRAB AURA : Fédération Régionale de l'Agriculture Biologique d'Auvergne-Rhône-Alpes

GNIS : Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants

IFV : Institut Français de la Vigne et du Vin

MERCI : Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires

MO : Matière Organique

MOS : Matière Organique des Sols

OGM : Organisme Génétiquement Modifié

PMG : Poids de Mille Grains

PNPP : Préparations Naturelles Peu Préoccupantes

SAU : Surface Agricole Utilisée

STICS : Simulateur mulTIdisciplinaire pour les Cultures Standards

TCS : Techniques Culturelles Simplifiées

Introduction

La viticulture est un secteur majeur de l'agriculture française. En effet, même si les surfaces en vignes en 2019 ne représentaient que 2,8 % de la surface agricole utilisée (SAU) en France (Agreste, 2020), la production de vin représentait environ 15 % de la production agricole française en valeur. Cette même année, une exploitation agricole française sur cinq dépendait de cette filière puisqu'elles étaient 85 000 à avoir une activité vitivinicole (CNIV, 2019). Ce secteur était aussi source d'emplois pour 1,7 % de la population active (INSEE, 2019) grâce à près de 500 000 emplois directs et indirects générés en 2019 (CNIV, 2019). De plus, la viticulture explique en grande partie la place de la France dans les échanges commerciaux internationaux. Ses 4,2 milliards de litres de vin produits en 2019, soit 17 % de la production mondiale, en faisaient le 2^{ème} producteur derrière l'Italie. La France représentait également 11 % des surfaces mondiales de vignes de cuve en 2019. Enfin, elle était le 1^{er} pays exportateur de vin et eau-de-vie de vin en valeur, avec 13 milliards d'euros de chiffres d'affaire à l'export en 2019 (CNIV, 2019).

La viticulture biologique ne représente que 0.3 % de la SAU française mais elle totalise 14 % du vignoble national. C'est une filière dynamique car les surfaces viticoles bio ont augmenté de 70 % depuis 2014 pour atteindre 112 500 ha en 2019, dont 39 % sont en conversion. Le département de la Drôme compte 300 viticulteurs bio, ainsi que 23.5 % du vignoble bio français, ce qui en fait le 8^{ème} département en termes de surfaces de vigne bio (FNAB, 2021).

En viticulture biologique, la qualité des sols est un enjeu très important. En effet, comme en viticulture conventionnelle, le sol est le support de culture et de passage des engins agricoles et il est constitutif de la notion de terroir : sa température, ses ressources en eau et en minéraux influencent en effet la production de raisins et la qualité du vin (Van Leeuwen *et al.*, 2018). De plus, c'est essentiellement sur le sol que les viticulteurs bio peuvent compter pour nourrir la vigne, car ils ne peuvent pas utiliser d'engrais de synthèse. Ils ne peuvent pas non plus utiliser d'herbicides ni de fongicides de synthèse pour gérer les adventices et lutter contre les champignons pathogènes. Une réorganisation complète du système est alors nécessaire par rapport à une vigne conventionnelle.

Au sein de ces systèmes viticoles biologiques, les couverts végétaux ont trouvé leur place car ils sont sources de nombreux services écosystémiques. Ils participent à l'amélioration de la qualité physique des sols et à la lutte contre l'érosion. Ils peuvent aussi contribuer à l'alimentation hydrique et minérale des cultures, ainsi qu'à la maîtrise des adventices et des bioagresseurs. Dans la Drôme, de plus en plus de viticulteurs bio sèment des couverts végétaux entre leurs rangs de vigne. L'association des producteurs bio du département, Agribiodrôme, les accompagne dans cette démarche pour que leurs couverts répondent au mieux à leurs objectifs. Cet accompagnement a fait émerger de nombreuses problématiques liées aux différentes pratiques de gestion des couverts. Par exemple, de nombreux viticulteurs se demandent s'il vaut mieux semer le couvert avant les vendanges, même si l'humidité du sol à cette époque est faible. D'autres s'interrogent sur la méthode d'entretien du couvert : vaut-il mieux le broyer, ou le rouler pour en faire un mulch ? Quand détruire le couvert pour en profiter au maximum sans qu'il concurrence la vigne ? Pour répondre aux questions de ces viticulteurs, Agribiodrôme cherche à mieux connaître leurs objectifs et leurs règles de décision dans la gestion des couverts végétaux, ainsi que les performances de ces couverts en termes techniques (production de biomasse, stockage d'azote, restitution de minéraux) et économiques (temps de travail et coûts associés).

La problématique de ce mémoire est donc la suivante : **comment les pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise impactent-elles les performances et les coûts de ces couverts ?** Pour connaître les contraintes, les objectifs et les itinéraires technique de gestion des couverts, des entretiens semi-directifs ont été menés auprès de 16 viticulteurs bio de la Drôme adhérents à Agribiodrôme. Ils ont également permis de relever les performances économiques des couverts en termes de temps de travail et de coûts. Les performances techniques des couverts, à savoir la production de biomasse totale et par mm d'eau reçu ou degré-jour cumulé, le stockage d'azote et les restitutions de minéraux, ont été évalué sur 24 couverts végétaux par la mise en œuvre de la méthode MERCI (Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires). Les résultats obtenus ont été complétés par une estimation des restitutions d'azote par un formalisme utilisé dans le modèle du culture STICS (Simulateur multIdisciplinaire pour les Cultures Standards) et par une équation déterminée par Vigil et Kissel (1991).

Ce mémoire présentera d'abord l'état de l'art sur le sujet des couverts végétaux en viticulture et le contexte du stage. Puis les objectifs et la problématique de cette étude seront détaillés, et la démarche ainsi que le matériel et les méthodes utilisés pour répondre à cette question seront explicités. Enfin, une partie présentera les résultats obtenus et sera suivie par une discussion de la méthode et des résultats.

I. Contexte et état de l'art

A. Des enjeux majeurs autour des sols viticoles

La viticulture française fait actuellement face à plusieurs problématiques, certaines liées au changement climatique avec notamment des sécheresses et canicules de plus en plus fréquentes, et d'autres liées à la dégradation de la qualité des sols.

En effet, les sols viticoles sont sensibles à **l'érosion** éolienne et hydrique (Metay *et al.*, 2018 ; Le Bissonnais et Andrieux, 2006a ; Biddoccu *et al.*, 2020), d'autant plus qu'ils sont peu profonds et souvent sur de fortes pentes. En Europe, les taux d'érosion des vignobles sont parmi les plus élevés au sein des différents sols agricoles : ils peuvent être de 20 à 90 t de sol perdu par hectare et par an. Ils varient selon la géomorphologie de la parcelle et le climat (Ruiz-Colmenero *et al.*, 2011 ; Abad *et al.*, 2021a). Par exemple, les pluies intenses favorisent le ruissellement, l'érosion (Garcia *et al.*, 2018), ainsi que la formation de ravines et de coulées de boue. Une **fermeture progressive des sols** viticoles est également notée, au travers de la formation de croûtes de battance, du tassement (Le Bissonnais et Andrieux, 2006a) et de la compaction due aux passages des engins agricoles dans les inter-rangs (Coll *et al.*, 2011).

La fertilité des sols est également menacée dans les vignobles. L'érosion favorise les **pertes de matière organique (MO)**, à des taux de plus de 21 g C.m⁻².an⁻¹, ainsi que la **diminution des taux de nutriments** (Ruiz-Colmenero *et al.*, 2011). Cette perte de fertilité n'est pas forcément compensée par un apport d'engrais, car les vignerons cherchent à éviter un développement végétatif abondant pour ne pas concurrencer la maturation des baies (Garcia *et al.*, 2020) et pour limiter l'apparition de maladies (Rousseau *et al.*, 2003 ; Valdés-Gómez *et al.*, 2011). **L'accumulation de métaux**, dont le cuivre, et de polluants organiques dans le sol (Coll *et al.*, 2011) sont aussi des problèmes récurrents. L'application fréquente de **pesticides** lors des traitements phytosanitaires détruit la faune et les microorganismes décomposeurs, et menace les processus d'incorporation de MO et donc la fertilité du sol (Diaconu *et al.*, 2017).

Cette diminution de la qualité des sols viticoles entraîne des **pollutions** en aval. La turbidité de l'eau est augmentée par le lessivage des particules de terre (Le Bissonnais et Andrieux, 2006b). La lixiviation des nitrates, favorisée en l'absence de couverture des inter-rangs en automne et hiver, pollue les eaux souterraines et de surface (Justes, 2017). Les pesticides entraînent également une pollution des eaux, aggravée par le caractère permanent de nombreuses molécules utilisées, dont certaines sont toxiques pour l'Homme et les animaux (Diaconu *et al.*, 2017).

Or les sols sont le support de culture et de passage des tracteurs, notamment pour les traitements phytosanitaires : une bonne structure est nécessaire pour assurer le ressuyage et la portance (Metay *et al.*, 2018). Il est donc essentiel de conserver voire d'améliorer la qualité de ces sols, d'autant plus qu'ils sont constitutifs de la notion de terroir qui influence beaucoup la fabrication du vin (Coll *et al.*, 2011 ; Van Leeuwen *et al.*, 2018) et qui participe à la différenciation des nombreuses appellations.

La viticulture biologique peut être une solution face à ces enjeux liés à la qualité des sols. En effet, le cahier des charges biologique cite la gestion des sols dans plusieurs articles et impacte de nombreuses opérations techniques liées au sol dans les vignobles. De plus, c'est une part non négligeable des sols viticoles français qui est concernée car les surfaces viticoles certifiées bio ou en conversion représentaient en 2019 14 % du vignoble français soit 112 507 ha (FNAB, 2021).

B. Réponses et limites de la viticulture biologique face aux enjeux de qualité des sols

Les opérations techniques intervenant sur le sol sont affectées par le cahier des charges AB car il interdit l'utilisation d'OGM et d'intrants issus de la chimie de synthèse à tous les stades de l'élaboration d'un vin. La gestion de la fertilité du sol en viticulture biologique doit donc se faire par la **fertilisation organique** (FNAB, 2021), via des engrais ou des amendements organiques. L'apport d'amendements au sol améliore les teneurs en eau, en matière organique et en azote disponible, ainsi que la taille et l'activité de la biomasse microbienne (Mondini *et al.*, 2018). C'est une méthode efficace de restauration des sols dégradés en viticulture mais qui nécessite plusieurs années d'application pour en voir les effets. Cependant, certaines régions viticoles, et notamment la Drôme, font face à des difficultés d'approvisionnement en matière organique biologique, du fait de leur éloignement avec les zones d'élevage.

Ensuite, l'agriculture biologique est reconnue pour avoir **des impacts plus faibles sur l'environnement** que l'agriculture conventionnelle (Borsato *et al.*, 2020), notamment grâce à l'interdiction des engrais, herbicides, fongicides et insecticides de synthèse. La viticulture biologique limite donc la pollution des sols et des eaux souterraines et de surface. Les produits phytosanitaires de synthèse sont remplacés par des techniques de biocontrôle, par des produits naturels comme les préparations naturelles peu préoccupantes (PNPP), ou par des produits minéraux tels que le cuivre ou le soufre. Ces produits minéraux ne sont pas sans conséquence sur l'environnement et leur utilisation est réglementée : par exemple, l'Union Européenne limite l'application du cuivre à un maximum de 28 kg/ha sur sept ans. Les produits minéraux sont tout de même largement utilisés, car les alternatives autorisées en agriculture biologique (biocontrôle et PNPP) ne permettent pas de contrôler de fortes pressions fongiques (France Vin Bio, 2020). La lutte contre les bioagresseurs de la vigne est donc basée sur une liste limitée de produits autorisés et sur la mise en place de mesures prophylactiques. Elle passe également par la prévention en préservant la faune auxiliaire, en aérant les grappes et en maîtrisant la vigueur de la vigne (Rousseau *et al.*, 2003).

Enfin, la **maîtrise des adventices** doit se faire uniquement par un désherbage mécanique, thermique ou un paillage. Le désherbage thermique est peu utilisé car il est très coûteux en énergie et en travail (Metay *et al.*, 2018). Le **travail du sol** est en revanche fréquent en viticulture biologique, pour contrôler les adventices et également augmenter l'infiltrabilité de l'eau. Cependant, il peut entraîner une compaction du sol et augmenter les risques d'érosion (Buesa *et al.*, 2021). En effet, dans les vignes désherbées mécaniquement, l'érosion se fait par décapage du sol qui est régulièrement ameubli par le travail mécanique. Toutefois, il faut une intensité de pluie élevée pour provoquer le ruissellement, au vu de l'infiltrabilité de l'eau augmentée dans ces sols travaillés. Les pratiques agricoles en viticulture biologique évitent donc que le ruissellement commence dès une faible intensité de pluie, alors que c'est ce qui est observé dans les vignes désherbées chimiquement (Le Bissonnais et Andrieux, 2006a). Les adventices peuvent également être maîtrisée par un **paillage** des inter-rangs ou par l'entretien d'un **couvert végétal**, pratique qui rend d'autres services écosystémiques liés à la qualité des sols.

C. Les couverts végétaux en viticulture : levier et compromis pour répondre aux enjeux de qualité des sols

1. Définitions des couverts végétaux

Pour relever ces défis et améliorer la qualité des sols, la pratique des couverts végétaux a d'abord été utilisée en grandes cultures. En effet, des mesures réglementaires dans les années 1980 ont entraîné l'introduction des cultures intermédiaires pièges à nitrates (**CIPAN**) dans les rotations pendant l'interculture hivernale, pour absorber les excès d'azote, réduire la lixiviation des nitrates et limiter la pollution des eaux. En parallèle des CIPAN, les agriculteurs bio ont plutôt vu dans les couverts végétaux d'interculture une manière de fournir des éléments minéraux à la culture suivante et notamment de l'azote (Thomas et Archambeaud, 2016) : ces couverts sont qualifiés d'**engrais verts** (Wery *et al.*, 2018). Les producteurs en techniques culturales simplifiées (TCS) ont, eux, mis en place des couverts végétaux pour compenser la réduction du travail du sol et préserver sa structure (Thomas et Archambeaud, 2016). Un **couvert végétal en grandes cultures** peut donc être défini par la mise en place d'une culture pendant l'interculture, période de temps séparant la récolte du précédent et le semis du suivant, pour obtenir un produit récolté tel du fourrage ou des graines (on parle alors de **cultures dérobées**) ou des services agronomiques et/ou environnementaux non marchands (**cultures de services**) (Wery *et al.*, 2018).

Cette pratique ne s'est répandue dans les vignes qu'à partir des années 2000 (Chambres d'Agriculture d'Auvergne-Rhône-Alpes, 2018). Les **couverts végétaux en viticulture** se définissent alors par une végétation spontanée ou semée présente entre les rangs de vignes, parfois également sous le rang et autour de la parcelle (Maille, 2017). Ce sont des cultures de services : elles ne sont généralement ni récoltées ni exportées mais restituées au sol, et visent à fournir différents services écosystémiques non marchands (Garcia *et al.*, 2020). Le couvert végétal peut également être qualifié de CIPAN ou d'engrais verts selon ses objectifs. Cette végétation peut être temporaire (destruction totale ou partielle du couvert qui est absent pendant la période de production de la vigne) ou permanente (absence de travail du sol) (Dubreil, 2021b). Un couvert végétal temporaire est en général semé en fin d'été ou début d'automne, en fonction des espèces choisies, de la disponibilité en eau, du niveau de salissement de l'inter-rang et du besoin de travailler ou non le sol auparavant (Ghesquiere et Cadillon, 2012). Il peut être présent sur tous les inter-rangs, ou en alternance un inter-rang sur deux ou sur trois (Metay *et al.*, 2018).

2. Amélioration de la qualité physique des sols

a. Décompaction

Un couvert végétal semé ou spontané permet d'améliorer la structure du sol (Chambre d'agriculture de la Charente Maritime, 2018). En effet, il diminue le risque de compaction (Delpuech et Metay, 2018) par ses racines pouvant aller jusqu'à 1,5 m de profondeur et ameublissant le sol dans l'inter-rang (Maille, 2017). Certaines espèces, en fonction de la structure de leur système racinaire, pourraient même participer à la restauration de sols compactés (Metay *et al.*, 2018). Cependant, cet effet sur la compaction dépend de la méthode de destruction du couvert : si le couvert n'est pas incorporé mais mis en paillis et que le sol n'est pas travaillé pour l'enfouir, la compaction peut augmenter (Buesa *et al.*, 2021).

b. Augmentation du taux de matière organique et de l'activité biologique des sols

Les couverts végétaux augmentent le taux de carbone organique des sols (COS) (Metay *et al.*, 2018 ; Ruiz-Colmenero *et al.*, 2011 ; Delpuech et Metay, 2018) lorsqu'ils sont restitués à la parcelle, ce qui est très souvent le cas en viticulture. Ils participent ainsi à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, cette augmentation du COS est lente et il faut 2 ou 3 années de couvert pour la constater (Abad *et al.*, 2021a). De plus, elle dépend des espèces du couvert, les graminées étant les plus efficaces (Delpuech et Metay, 2018).

Les couverts végétaux augmentent aussi la diversité microbiologique du sol, avec une activité et une biomasse microbienne concentrées dans les cinq premiers centimètres (Abad *et al.*, 2021a). Cette activité biologique est stimulée et protégée par la production d'exsudats racinaires et la présence de matière organique, sources de nourriture pour ces micro-organismes (Thomas et Archambeaud, 2016). La réduction du travail du sol en présence d'un couvert favorise aussi cette biodiversité et le maintien ou le retour de réseaux trophiques complexes, grâce à la présence d'organismes de niveaux trophiques supérieurs comme les vers de terre (Metay *et al.*, 2018), dont la population peut être multipliée par 3 dans un sol enherbé (Abad *et al.*, 2021a).

c. Amélioration de la stabilité et de la porosité du sol

L'activité biologique du sol, les exsudats racinaires, la présence de matière organique en surface ainsi que les substances pré-humiques libérées lors de la croissance des plantes du couvert, ont un effet très structurant car ils augmentent la stabilité des particules de terre (Maille, 2017 ; Le Bissonnais et Andrieux, 2006a ; Abad *et al.*, 2021a ; Coppens, Merckx, *et al.*, 2006). De plus, les couverts végétaux, par leur système racinaire, maintiennent et créent de la porosité dans la masse du sol et favorisent la connectivité des pores, créant ainsi un réseau pour la circulation de la solution du sol, des gaz et des êtres vivants (Thomas et Archambeaud, 2016). Toutefois, c'est un processus long et il faut 2 ou 3 ans de couvert végétal pour augmenter de 30 % la stabilité des agrégats, en comparaison avec un sol travaillé (Abad *et al.*, 2021a).

d. Lutte contre l'érosion

Un couvert végétal permet aussi de limiter l'érosion des parcelles. En effet, des pertes de sol plus importantes ont été mesurées dans des parcelles désherbées chimiquement ou travaillées (environ 12 t.ha⁻¹.an⁻¹), comparées à des parcelles enherbées (environ 3 t.ha⁻¹.an⁻¹). Le ruissellement est plus faible sur les parcelles enherbées (Abad *et al.*, 2021a ; Kornecki et Price, 2019) : la barrière physique que représente le couvert améliore la pénétration de l'eau de pluie plutôt que son ruissellement, et le drainage est favorisé (Chambre d'agriculture de la Charente Maritime, 2018). Les agrégats de sol sont également moins sensibles à cet emportement puisque plus stables en présence d'un couvert (Metay *et al.*, 2018 ; Abad *et al.*, 2021a). De plus, les couverts ont l'avantage d'être présents en hiver, période la plus sensible à l'érosion car la croissance végétative est arrêtée et la compaction du sol est augmentée par le travail mécanique (Abad *et al.*, 2021a). L'encroûtement et l'imperméabilisation du sol sont également limités dans les parcelles enherbées (Metay *et al.*, 2018).

Toutefois, l'efficacité d'un couvert végétal pour limiter l'érosion dépend de sa durée de présence, de son taux de couverture et de sa biomasse. Il faut notamment un certain temps après le semis pour que le couvert atteigne sa biomasse et son efficacité maximales (Le Bissonnais et Andrieux, 2006a). Thomas et Archambeaud (2016) estiment qu'il faudrait que le sol soit couvert à au moins 30 % pour réduire significativement l'érosion. Ceci peut être difficile à atteindre en cas de développement insuffisant du couvert dû à de nombreux

facteurs, tels une mauvaise qualité des semences ou de mauvaises conditions climatiques lors du semis ou de la levée. La réduction de l'érosion dépend également des espèces contenues dans le couvert : Abad *et al.* (2021a) ont par exemple rapporté que les graminées étaient plus efficaces que les légumineuses.

e. Augmentation de la portance du sol

En couvrant le sol et en améliorant sa structure et sa stabilité, sa portance est également augmentée (Metay *et al.*, 2018 ; Le Bissonnais et Andrieux, 2006a) et son ressuyage facilité. Ceci permet d'entrer dans la parcelle et d'intervenir en tracteur plus rapidement, ce qui est déterminant pour l'efficacité des traitements fongiques juste après une pluie (Chambre d'agriculture de la Charente Maritime, 2018).

3. Amélioration de la fonction de nutrition des sols

a. Alimentation hydrique

L'amélioration de la structure du sol et l'augmentation du taux de MO en présence d'un couvert végétal augmentent la capacité de rétention en eau du sol (Metay *et al.*, 2018) et permettent une utilisation plus efficace de la ressource hydrique par la vigne (Thomas et Archambeaud, 2016). En effet, l'infiltration de l'eau (Abad *et al.*, 2021b) et la conductivité hydraulique du sol sont améliorées par la rugosité de la surface due aux feuilles du couvert et par l'augmentation de la macroporosité (Le Bissonnais et Andrieux, 2006a). Un couvert végétal peut donc être un avantage pour lutter contre la sécheresse. De plus, il réduit les pertes en eau par évaporation depuis le sol grâce à l'accumulation de résidus à la surface (Delpuech et Metay, 2018 ; Abad *et al.*, 2021b) et il maintient l'humidité dans les premiers centimètres (Cournet *et al.*, 2018).

Cependant, le couvert a besoin d'eau pour son développement et sa croissance, et entre donc en concurrence avec la vigne pour les ressources du sol (Garcia *et al.*, 2020). L'intensité de cette compétition dépend du climat, de la profondeur du sol, du pourcentage de sol couvert, de la biomasse et de la durée de présence du couvert (Delpuech et Metay, 2018). Dans certains cas, l'augmentation de la réserve en eau en présence d'un couvert pourrait être en partie ou entièrement transpirée par ce même couvert (Metay *et al.*, 2018). Il faut donc parfois le détruire au printemps pour s'adapter à la disponibilité en eau. La difficulté réside dans la maîtrise des dates et méthodes de destruction, pour ne pas créer un déficit hydrique aux moments-clés du cycle de la vigne, au risque de diminuer le rendement (Dubreil, 2021a). Une alternative à la destruction de l'enherbement en cas de concurrence hydrique consiste à irriguer le vignoble, pour les vigneron qui sont équipés de système d'irrigation. Cependant, cette pratique est très réglementée selon les appellations : elle peut être interdite, ou permise sur demande de l'organisme de défense de l'appellation « en cas de stress hydrique susceptible de remettre en cause la qualité de la production viticole » (Code rural et de la pêche maritime, 2017). Une autre adaptation pour limiter cette concurrence est la mise en place d'un couvert seulement un inter-rang sur deux ou un inter-rang sur trois, selon la disponibilité en eau. En effet, la réduction du potentiel de rendement, suite à l'introduction d'un couvert végétal en vigne, augmente avec le taux de couverture du sol. Un couvert présent un inter-rang sur deux (soit 30 % de taux de couverture du sol) est un bon compromis entre le maintien du rendement et la préservation de la qualité des sols (Delpuech et Metay, 2018).

b. Alimentation minérale

Selon les espèces qu'il contient, un couvert végétal participe aussi à la nutrition minérale de la vigne et à son autonomie azotée (Ghesquiere et Cadillon, 2012), en augmentant la fertilité minérale du sol (on parle alors d'engrais vert). En effet, un couvert à base de légumineuses augmente la quantité d'azote dans le sol, comparé à un couvert de graminées, à un couvert spontané ou à un sol travaillé et/ou désherbé chimiquement (Abad *et al.*, 2021a). Cela s'explique par la capacité des légumineuses à fixer l'azote atmosphérique grâce à leur symbiose rhizobienne. Cet azote se retrouve dans le sol via les exsudats et les sécrétions des racines vivantes, mais surtout après la destruction des légumineuses, via leur décomposition et leur minéralisation (Ovalle *et al.*, 2010). Ces quantités d'azote disponibles pour la vigne peuvent atteindre les quantités recommandées pour la fertilisation (Ovalle *et al.*, 2010) et permettre une réduction des engrais et amendements (Chambre d'agriculture de la Charente Maritime, 2018).

Les crucifères sont également intéressantes dans un couvert car elles ont une croissance rapide qui débute dès l'automne, une biomasse importante ainsi qu'un fort taux d'absorption d'azote. Elles sont efficaces pour mobiliser rapidement les stocks minéraux du sol (Dubreil, 2021b ; Jarecki *et al.*, 2009) et leur minéralisation rend disponibles pour la vigne les éléments minéraux insolubles. En absorbant rapidement l'azote du sol, elles stimulent la fixation symbiotique des légumineuses (Dubreil, 2021a) et évitent la lixiviation des nitrates et donc une perte de minéraux (Maille, 2017 ; Jarecki *et al.*, 2009). Un couvert à objectif de piège à nitrates (CIPAN) devrait idéalement être semé en été pour atteindre un développement plus important lors des périodes à risques de lixiviation (Garcia *et al.*, 2020). Toutefois, en viticulture, le semis est plutôt réalisé à l'automne après les vendanges, à cause du manque de temps et des conditions climatiques trop sèches auparavant.

De plus, en présence d'un couvert, les champignons et mycorhizes arbusculaires sont stimulés et entrent en symbiose avec la vigne (Metay *et al.*, 2018) : ils élargissent sa rhizosphère et sa zone de prélèvements des nutriments. Ils permettent aussi le recyclage des éléments minéraux et une réduction des pertes, ce qui permet de tendre vers une nutrition complète et équilibrée de la vigne (Thomas et Archambeaud, 2016).

Toutefois, les éléments minéraux apportés par un couvert ne sont pas forcément tous assimilés par la vigne (Abad *et al.*, 2021a). Le couvert peut aussi exercer une compétition pour la nutrition minérale, tout d'abord par sa propre consommation. Par exemple, l'azote piégé lors du repos végétatif de la vigne est immobilisé par l'enherbement sous forme organique et n'est pas disponible avant sa minéralisation (Metay *et al.*, 2018), ce qui est gênant dès que la vigne dépasse le stade 3-4 feuilles et ne vit plus sur ses réserves. De plus, selon la méthode de destruction, le couvert peut réduire la minéralisation de l'azote en modifiant la teneur en eau des sols et leur température (Garcia *et al.*, 2020 ; Ruiz-Colmenero *et al.*, 2011). Par exemple, la température du sol diminue et la teneur en eau augmente si le couvert est roulé au lieu d'être enfoui (Alonso-Ayuso *et al.*, 2020).

4. Protection des vignes et diminution de l'utilisation de pesticides

a. Lutte contre les adventices

Un couvert végétal semé représente aussi un atout pour la gestion des adventices (Buesa *et al.*, 2021), puisque les plantes semées exercent une concurrence directe sur les espèces naturelles spontanées et qu'elles peuvent produire des composés allélopathiques qui limitent leur développement (Canali *et al.*, 2013 ; Blanco-Canqui *et al.*, 2015 ; Kornecki et Price, 2019). La présence d'un couvert réduit donc le nombre de passages de travail du sol nécessaires pour

maîtriser ces adventices. Cependant, l'efficacité du couvert pour contrôler les adventices dépend beaucoup de sa biomasse, donc des espèces présentes et des conditions climatiques, ainsi que de la méthode de destruction du couvert (Hefner *et al.*, 2020). On cherche donc à avoir un couvert bien développé pour concurrencer les adventices, mais pas trop non plus car une biomasse aérienne importante peut aussi augmenter le risque de gel au printemps en maintenant de l'humidité au niveau des ceps (Maille, 2017).

b. Lutte contre les maladies et les ravageurs

Un couvert végétal permet aussi de lutter contre les autres bioagresseurs (Ghesquiere et Cadillon, 2012). Il diminue l'effet splash et les contaminations par le botrytis et le mildiou en couvrant le sol, et il est parfois utilisé pour diminuer la vigueur de la vigne et ainsi limiter le développement des maladies (Maille, 2017 ; Valdés-Gómez *et al.*, 2011 ; Guilpart *et al.*, 2017 ; Abad *et al.*, 2021b). Ensuite, l'introduction de nouvelles espèces végétales ou le maintien de la flore spontanée augmente la biodiversité végétale sur la parcelle et favorise ainsi la biodiversité animale (Dubreil, 2021b). Abad *et al.* (2021a) ont rapporté que les couverts végétaux augmentent la présence d'ennemis naturels des ravageurs de la vigne ainsi que la diversité d'insectes pollinisateurs, d'oiseaux et de petits mammifères. Un équilibre écologique entre bioagresseurs de la vigne et auxiliaires peut alors s'implanter plus facilement dans de telles conditions et permettre une réduction des traitements phytosanitaires (Thomas et Archambeaud, 2016).

Toutefois, ces auxiliaires ne sont parfois pas présents sur la vigne mais plutôt dans le couvert d'inter-rang, ce qui n'implique pas forcément une diminution de la population de bioagresseurs (Abad *et al.*, 2021a). Il y a également le risque que ce couvert abrite des ravageurs et virus de la vigne et augmente les attaques de bioagresseurs (Metay *et al.*, 2018) si l'équilibre écologique n'est pas atteint. C'est pourquoi les produits naturels minéraux sont tout de même utilisés en présence d'un couvert, afin de gérer les maladies fongiques.

Pour optimiser ces services et limiter les dysservices rendus par un couvert végétal, différentes opérations techniques sont à maîtriser, du semis à la destruction du couvert. Cet itinéraire technique du couvert se rajoute à celui de la vigne et nécessite du temps, des investissements et des compétences nouvelles. Ceci ne facilite pas l'adoption de cette pratique et beaucoup de questions se posent à un viticulteur lorsqu'il envisage de mettre en place des couverts végétaux dans ses vignes : faut-il entretenir le couvert spontané ou semer des espèces choisies ? Dans ce cas, quelles espèces choisir ? Quand semer ? Quand et comment détruire le couvert, etc. ? Face à ces interrogations et aux risques de concurrence en eau et en minéraux, de gel ou encore de pertes de rendement, il est nécessaire d'élaborer des connaissances et d'accompagner les viticulteurs pour développer la pratique des couverts végétaux.

D. Rôle d'Agribiodrôme dans le développement des couverts végétaux en vignes

1. Présentation de l'association

Agribiodrôme est une association de type loi 1901 à but non lucratif créée en 1987 par des producteurs en agriculture biologique. Elle est adhérente au réseau de la FNAB (Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique) et fait partie de la FRAB AURA (Fédération Régionale d'Agriculture Biologique d'Auvergne-Rhône-Alpes). Elle a pour objectif de coordonner et développer l'agriculture biologique dans la Drôme. Elle s'est peu à peu constituée une équipe salariée qui est venue appuyer les administrateurs et les adhérents à la réalisation de quatre missions principales :

- Communiquer et informer les producteurs et les consommateurs sur l'agriculture biologique ;
- Développer et soutenir la production bio, notamment en accompagnant la conversion à l'agriculture biologique sur les plans technique, organisationnel et financier ;
- Structurer des filières équitables et de proximité grâce à la mise en relation des différents acteurs ;
- Représenter les producteurs biologiques auprès des institutions publiques (Agribiodrôme, [s d]).

2. Contexte du stage

Dans la Drôme, de plus en plus de vigneron en agriculture biologique mettent en place des couverts végétaux, en particulier semés, pour lutter contre l'érosion et les sécheresses récurrentes. C'est également un moyen de pallier le manque de matière organique sur le territoire afin de fertiliser et amender leurs vignes. Face à cet engouement pour les couverts végétaux semés et à la prise de conscience des difficultés qui y sont reliées, l'association Agribiodrôme accompagne depuis plusieurs années des groupes de viticulteurs utilisant cette pratique, tant sur le plan technique qu'organisationnel.

Dans le cadre de ses missions, l'association Agribiodrôme informe et conseille les vigneron bio semant ou souhaitant semer des couverts végétaux, elle participe à leur mise en relation et structure des groupes d'échange sur cette pratique notamment à travers des formations techniques. Elle organise aussi depuis 2018 une commande groupée de grains fermiers de couverts végétaux issues de céréaliers bio du département. Elle est donc au fait des difficultés rencontrées par les producteurs, des niveaux de réussite des couverts chaque année et des retours d'expérience sur l'utilisation de telle ou telle espèce ou de tel ou tel outil. Cependant, il est apparu que l'association connaissait peu les stratégies suivies par les vigneron dans la gestion de leurs couverts, ni les objectifs qu'ils visent ou encore leurs règles de décisions pour adapter l'itinéraire technique selon les années.

II. Problématique et démarche

Ce travail de mémoire intervient après une enquête sur les pratiques de gestion des couverts végétaux semés, menée en 2020 chez 19 viticulteurs, pour connaître les grandes lignes de cet itinéraire technique. Cependant, Agribiodrôme souhaite mieux connaître ces pratiques dans le détail et élargir cette étude à d'autres viticulteurs, pour avoir un panorama plus large des modalités de gestion des couverts semés dans les vignes bio drômoises. L'objectif est de voir dans quelle mesure les couverts végétaux répondent aux attentes des viticulteurs. L'association cherche donc à évaluer les performances techniques et économiques des couverts végétaux semés pour vérifier s'ils rendent les services attendus par les vignerons, et également pour obtenir des références à ce sujet, avoir des arguments pour faciliter l'adoption de cette pratique, et des informations les plus précises possible pour conseiller techniquement les viticulteurs intéressés.

La problématique de ce mémoire est donc la suivante : **comment les pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise affectent-elles les performances et les coûts de ces couverts ?**

Les objectifs de ce travail sont 1) recenser les **objectifs** visés par les viticulteurs bio lorsqu'ils sèment des couverts végétaux dans leurs vignes, 2) identifier les **contraintes** liées à ces couverts, en termes de temps de travail, de coûts, de matériels ou encore de semences, 3) évaluer les **performances** techniques des couverts voir si ces objectifs sont atteints, 4) déterminer les différents itinéraires techniques existants pour connaître les **pratiques de gestion** des couverts et voir si elles influencent les performances techniques.

Pour répondre à ces objectifs, des entretiens semi-directifs ont été réalisés auprès de 16 viticulteurs bio adhérents à Agribiodrôme. Ils ont été complétés par une évaluation de certaines performances techniques attendues d'un couvert, notamment la production de biomasse et la restitution des minéraux. D'autres performances techniques, telles que la limitation de l'érosion ou l'amélioration de la structure du sol, n'ont pas été évaluées. Enfin, une typologie de parcelles a été réalisée afin d'identifier les liens entre les objectifs des couverts ou les pratiques de gestion, et les performances techniques.

III. Matériel et méthodes

A. Entretiens semi-directifs

1. Sélection de l'échantillon de viticulteurs

Le choix des viticulteurs pour les entretiens a été fait selon les critères suivants :

- Adhérent à Agribiodrôme, donc dont l'exploitation est certifiée en AB ;
- Pratiquant des couverts végétaux semés depuis au moins 1 an ;
- Intégré dans un des groupes de producteurs du Nord Drôme, du Diois ou du Sud Drôme animés par la chargée de mission Viticulture d'Agribiodrôme ;
- Motivé par la thématique des couverts végétaux semés et l'amélioration de ses pratiques, et intéressé par le transfert de connaissance et les échanges entre pairs.

Ainsi, 16 viticulteurs ont été choisis : 7 dans le Diois, 6 dans le Nord et 3 dans le Sud Drôme.

2. Sélection de l'échantillon de parcelles

Le choix des parcelles pour détailler l'itinéraire technique des couverts a été fait en partenariat avec le viticulteur lors de l'entretien, pour représenter ses différentes stratégies de gestion du couvert. Donc plusieurs parcelles ont été étudiées par exploitation si :

- Le viticulteur avait semé des mélanges de couvert végétal différents en 2020-2021 ;
- Les taux de couverture des vignes par le couvert végétal semé étaient différents selon les parcelles (couvert végétal semé sur tous les inter-rangs, 1 inter-rang sur 2 ou sur 3) ;
- Les couverts étaient entretenus et détruits par des méthodes différentes.

Un maximum de 5 parcelles étudiées par exploitation a été fixé pour limiter le temps d'entretien, ce qui a conduit à conserver 27 parcelles réparties comme sur la Figure 2 p.30.

3. Données collectées par les entretiens

Tableau 1 : Résumé des variables de pratique collectées par les entretiens semi-directifs auprès des viticulteurs

stratégie globale	objectifs des couverts	inter-rangs non semés	enherbement des inter-rangs non semés
	surface et % de parcelles semées		méthode, dates et nombre d'entretiens
caractéristiques de la parcelle	contraintes de la parcelle	rang	enherbement des rangs
	secteur	rendement	rendement moyen de la parcelle
mise en place du couvert	date de semis (avant ou après vendanges)	matériel	matériels investis pour les couverts
	composition du couvert (% de chaque espèce)		type de semoir, largeur et propriété
	densité de semis		semoir autoconstruit
	configuration (nombre d'inter-rangs semés)		type de rouleau et propriété
	fréquence de rotation des inter-rangs semés		rouleau autoconstruit
fertilisation et apport de MO	préparation du sol avant semis	type de broyeur et propriété	broyeur individuel ou collectif
	type d'engrais et dosage NPK	coûts	type d'outils de travail du sol et propriété
	quantité et date d'apport de l'engrais		coûts du couvert
type d'amendement et dosage NPK	coût du matériel et des semences		
entretien et destruction du couvert	quantité et date d'apport de l'amendement	temps de préparation du mélange	
	méthode d'entretien du couvert	temps de préparation du sol avant semis	
	date du 1er entretien et nombre d'entretiens	temps de semis, d'entretien et de destruction	
	méthode et date de destruction du couvert		

Les entretiens semi-directifs ont collecté des variables caractérisant les pratiques de gestion des couverts végétaux pour les saisons 2019-2020 et 2020-2021, sur 1 à 5 parcelles par viticulteur. Ces variables sont résumées dans le Tableau 1. De plus, des questions ouvertes étaient posées pour connaître :

- Les choix et les règles de décision du viticulteur ;
- Les évolutions de sa pratique au fil des ans ;
- Les effets du couvert sur le sol, le rendement et la qualité du vin
- Le ressenti du viticulteur sur la réussite de ses couverts ;
- Sa satisfaction sur son matériel, et sur la charge économique et de travail que les couverts représentent pour lui.

Le guide suivi pour ces entretiens est disponible en Annexe 1. Chaque entretien a été synthétisé individuellement et les variables ont été compilées dans un tableur pour l'analyse.

B. Evaluation des performances techniques des couverts

1. Sélection de l'échantillon de couverts végétaux

Les couverts végétaux visés par l'évaluation des performances techniques sont ceux présents sur les parcelles choisies pour détailler l'itinéraire technique. 27 couverts étaient donc concernés par cette évaluation, mais elle n'a été effective que sur 24 d'entre eux car un couvert avait été détruit avant le rendez-vous avec le viticulteur et 2 autres n'ont pas été évalués par manque de temps.

2. Performances techniques étudiées

Les performances techniques qui ont été étudiées sont résumées dans le Tableau 2 puis détaillées dans les parties III.B.3 à III.B.6.

Tableau 2 : Variables de performance technique des couverts végétaux et sources utilisées pour leur calcul

Source	Variables de performances	
MERCI	Performances du couvert lors de la destruction	Biomasse sèche aérienne (MSr) racinaire (MSa) et totale (ms) (en t MS/ha)
MERCI		Rapport C/N des parties aérienne (Ra) et racinaire (Rr), et C/N total (R)
MERCI		Azote contenu dans le couvert (N_R0, en kg/ha)
MERCI + STICS + Vigil et Kissel	Restitutions du couvert	Azote potentiellement restitué à la vigne (en kg /ha)
MERCI		Potassium potentiellement restitué à la vigne (kg K2O/ha)
MERCI		Phosphore potentiellement restitué à la vigne (kg P2O5/ha)
MERCI		Soufre potentiellement restitué à la vigne (kg SO2/ha)
MERCI		Magnésium potentiellement restitué à la vigne (kg MgO/ha)
Données climatiques	Variables bioclimatiques	Cumul de pluie entre le semis et la destruction (mm)
MERCI + données climatiques		Efficiencia d'utilisation de l'eau (kg MS/mm)
Données climatiques		Somme des degré-jours entre le semis et la destruction (°j)
MERCI + données climatiques		Production de biomasse par degré-jour (kg/°j)

3. Pesée de biomasse fraîche

A l'aide d'un quadrat de 0,25 m², une surface de couvert a été délimitée sur laquelle toutes les plantes au ras du sol ont été coupées, sauf pour les radis asiatiques où seulement la tige et les feuilles ont été prélevées et pas la partie racinaire qui pourrait dépasser du sol (on a coupé alors au-dessus du collet).

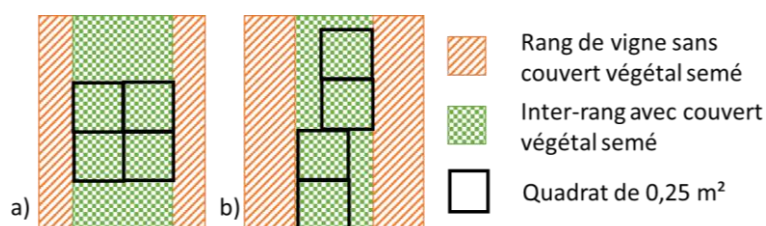


Figure 1 : Configuration des surfaces de prélèvement selon 2 situations : si l'inter-rang couvert a une largeur supérieure ou égale à 1 m (Figure a) ou inférieure à 1 m (Figure b).

Cette opération a été répétée 4 fois au même endroit de la parcelle, sur des surfaces attenantes, comme sur la Figure 1, afin de prélever 1 m² de couvert. Toutes les espèces ont ensuite été pesées séparément. Si le couvert était assez homogène, ces prélèvements ont été répétés 2 fois, dans des angles opposés de la parcelle, à au moins 10 m des bordures. S'il était hétérogène, ces prélèvements ont été répétés 3 fois de manière à obtenir des mesures représentatives de cette hétérogénéité. Ces mesures ont été faites sur un couvert sec ou ressuyé pour éviter de surestimer les chiffres en pesant de l'eau.

4. Calcul de la biomasse sèche, des rapports C/N et de l'azote stocké

Les performances de **production de biomasse sèche**, de **stockage d'azote** et les rapports **C/N** du couvert ont été évaluées à l'aide de la méthode MERCI (Méthode d'Evaluation des Restitutions par les Cultures Intermédiaire), développée par la Chambre d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine en 2010. La version utilisée dans ce mémoire est la version 2.1.0 mise à jour en 2020 (Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine, 2020).

Pour mettre en œuvre cette méthode, les poids de la biomasse fraîche de chaque espèce ont été reportés dans le [calculateur en ligne](#) de la méthode MERCI, en renseignant les différentes informations demandées, notamment la méthode de gestion des résidus (s'ils sont enfouis ou laissés en surface) ou les dates de semis et de mesure (Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine, 2020). Le calculateur calcule ensuite automatiquement les valeurs des variables, qui ont été exportées sous la forme d'un tableur.

5. Calcul des restitutions des couverts végétaux

a. Méthode MERCI

Le calculateur en ligne de la méthode MERCI a également permis d'obtenir, à partir des pesées de biomasse fraîche, les variables suivantes :

- La **quantité d'azote totale potentiellement restituée** à la culture suivante 180 et 150 jours après la destruction du couvert, et aussi mois par mois pendant 6 (en kg N/ha).
- Les **quantités de phosphore** (en kg P₂O₅/ha), **potassium** (en kg K₂O/ha), **soufre** (en kg SO₂/ha) et **magnésium** (en kg MgO/ha) **potentiellement restitués** à la culture suivante 180 jours après la destruction du couvert ;

Dans un deuxième temps, les restitutions d'azote ont été également évaluées en utilisant deux formalismes simulant la minéralisation de l'azote issu de résidus de couvert végétal à partir de leur rapport C/N. L'objectif est de comparer les résultats obtenus par ces formalismes avec ceux de la méthode MERCI afin d'appuyer, ou au contraire de montrer les limites, de

l'utilisation de cette méthode pour le cas particulier des vignes bio drômoises. Ainsi, les variables de sortie de la méthode MERCI ont été comparées à celles obtenues par le formalisme STICS détaillé ci-dessous. La quantité d'azote potentiellement restituée au 5^{ème} mois (au bout de 150 j) a été comparée à celle obtenue par l'équation de Vigil et Kissel, également détaillée ci-dessous.

b. Formalisme du modèle STICS

L'équation (1) ci-dessous a été utilisée pour calculer la quantité d'azote minéralisée à partir du rapport C/N des résidus. Elle est issue des travaux de Nicolardot *et al.* (2001) et fait partie du module de décomposition du modèle de culture STICS (Simulateur multIdisciplinaire pour les Cultures Standards).

$$(1) \quad N = N_{RO} \left[(1 - e^{-kt}) - \frac{w_B}{w_R} \frac{kY}{(\lambda - k)} (e^{-kt} - e^{-\lambda t}) - \frac{w_H}{w_R} \frac{Yh}{(\lambda - k)} (ke^{-\lambda t} - \lambda e^{-kt}) - \frac{w_H}{w_R} Yh \right]$$

Avec :

- **N**, la quantité d'azote minéralisée au temps **t** (kg/ha) ;
- N_{RO} , la quantité d'azote piégée dans les résidus (kg/ha) calculée par la méthode MERCI ;
- k , le taux de décomposition des résidus (j^{-1}) ;
- λ , le taux de décomposition de la biomasse microbienne (j^{-1}) ;
- Y , le rendement d'assimilation du carbone des résidus par la biomasse microbienne (g/g) ;
- h , le coefficient d'humification du carbone microbien (g/g) ;
- w_B , le rapport N/C de la biomasse microbienne nouvellement formée (g/g). $w_B = 1/R_B$, R_B étant le rapport C/N de cette biomasse microbienne ;
- w_R , le rapport N/C des résidus (g/g). $w_R = 1/R$, R étant le rapport C/N des résidus du couvert ;
- w_H , le rapport N/C de l'humus (g/g). $w_H = 1/R_H$, R_H étant le rapport C/N de l'humus ;
- t , le temps depuis la destruction du couvert (j).

Le paramètre R_H est fixé à 9.5, et le paramètre Y à 0.62 d'après Nicolardot *et al.* (2001). Les variables R_B , k , h et le paramètre λ , définis par ces auteurs pour des résidus matures, ont été revus par Justes *et al.* (2009) pour améliorer les prédictions de minéralisation d'azote et paramétrer la décomposition de résidus non matures ayant des C/N variant de 9.4 à 34. C'est cette méthode de Justes *et al.* (2009) qui a été utilisée dans ce mémoire, avec les équations suivantes :

- $R_B = 15.4 - 76/R$ avec $R_B \geq 7.8$;
- $k = 0.098 + 0.76/R$;
- $h = 1 - 0.73R/(10.2 + R)$;
- $\lambda = 0.0076$.

Le rapport C/N des résidus a été calculé selon l'équation (2) ci-dessous, à partir des biomasses sèches aérienne et racinaire des résidus et de leurs rapports C/N aérien et racinaire calculés par la méthode MERCI.

$$(2) \quad R = (MSa*Ra+MSr*Rs)/(MSa+MSr).$$

Pour pouvoir comparer les résultats obtenus avec ce formalisme et avec la méthode MERCI, la quantité d'azote minéralisé N a été calculée pour $t = 180$ j mais également pour $t = 30, 60, 90$ et 120 j. De plus, le calcul a été fait pour $t = 144$ j afin de comparer les résultats du formalisme STICS avec les résultats obtenus avec le formalisme de Vigil et Kissel (1991) ci-dessous.

c. Equation de Vigil et Kissel (1991)

Une revue de littérature sur des expérimentations de laboratoire et des expérimentations au champ portant sur la minéralisation de résidus de culture a conduit Vigil et Kissel (1991) à proposer l'équation (3) suivante pour calculer le pourcentage d'azote minéralisé à partir du rapport C/N des résidus (noté R) :

$$(3) \quad \%N_{\text{minéralisé, vigil}} = 58.89 - 1.41 * R.$$

Cette revue de littérature se base sur des expérimentations différentes, dont la durée moyenne est de 144 j. Ainsi, cette équation (3) a été utilisée dans ce mémoire comme décrit dans l'équation (4) ci-dessous, afin de calculer la quantité d'azote issu des résidus qui est minéralisée 144 jours après la destruction du couvert.

$$(4) \quad N_{\text{vigil, 144}} = N_{R0} * \%N_{\text{minéralisé, vigil}} = N_{R0} * (58.89 - 1.41 * R) \text{ (en kg/ha)}.$$

6. Calcul des variables bio-climatiques

Les performances techniques des couverts végétaux dépendant du climat, il est nécessaire de les mettre en lien avec les données climatiques. Ainsi ont été étudiées les relevés de 3 stations climatiques de la Drôme :

- Mercuriol et Die, du 01/01/2011 au 30/06/2021, grâce aux données issues de la Chambre d'Agriculture de la Drôme et de Météo France ;
- Visan, du 01/11/2014 au 22/02/2016 puis du 01/12/2017 au 30/06/2021, grâce aux données issues du Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin (ROMMA) et du Syndicat Mixte du Bassin Versant du Lez.

Les données de **pluviométrie et de température moyenne** ont permis le calcul de les 4 variables bioclimatiques suivantes, décrivant des performances dépendant du climat :

- Le **cumul de pluie** entre le semis et la destruction du couvert (en mm) ;
- **L'efficacité d'utilisation de l'eau** par le couvert, qui est égale au rapport entre la biomasse sèche évaluée par la méthode MERCI et le cumul de pluie ($\text{kg MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$) ;
- La **somme des degrés-jours** entre le semis et la destruction du couvert ($^{\circ}\text{j}$). La température de base pour les couverts végétaux a été fixée à 5°C ;
- La **production de biomasse sèche par degré-jour**, qui est le rapport entre la biomasse sèche évaluée par la méthode MERCI et la somme des degrés-jours ($\text{kg MS}/^{\circ}\text{j}$).

C. Stratégie d'analyse des données

Le logiciel de traitement statistique utilisé pour l'analyse des données est le logiciel R, et, pour tous les tests statistiques, la valeur du risque de 1^{ère} espèce a été fixée à $\alpha = 0.05$.

1. Analyse descriptive des résultats des entretiens semi-directifs

a. Analyse descriptive des objectifs, des contraintes et de la nature des coûts des couverts

Les objectifs des couverts végétaux ont été obtenus par des questions ouvertes lors des entretiens. A partir des résultats de tous les entretiens, des catégories d'objectifs ont été déterminées. Chaque catégorie a ensuite été analysée via le nombre de parcelles pour lesquelles le viticulteur a cité un ou des objectifs correspondant à cette catégorie. De plus, des exemples d'objectifs ont été cités pour illustrer ces catégories. Les contraintes et la nature des coûts des couverts végétaux ont été analysés de la même manière que les objectifs.

b. Analyse descriptive des pratiques

Les variables de pratique, utilisées pour caractériser les couverts végétaux et résumées dans le Tableau 1, ont été analysées de manière descriptive dans un premier temps. Dès que c'était possible, les valeurs de ces variables ont été rapportées à l'hectare plein pour permettre une comparaison sans biais, car les couverts végétaux en viticulture ne sont en général pas semés sur la totalité de la parcelle. Pour simplifier l'analyse, de nouvelles variables ont été créées pour résumer un ensemble de plusieurs variables initiales :

- L'indice NPK exprimé en kg/ha : c'est la somme des quantités de N, P et K apportées sur la parcelle via les engrais ou les amendements ;
- L'indice monospécifique exprimé en % ou en proportion : c'est la somme des pourcentages (ou des proportions) des 3 premières espèces dominantes dans le mélange semé ;
- Le nombre d'espèces dans le mélange semé ;
- Les pourcentages (ou proportions) de crucifères, de graminées, de légumineuses et d'autres familles dans ce mélange ;
- Le nombre d'entretiens sur les inter-rangs non semés : c'est la somme du nombre de passage de rouleau et/ou de broyeur et/ou de travail du sol sur les inter-rangs sans couvert végétal semé ;
- Le nombre d'entretiens du couvert : c'est la somme du nombre de passage de rouleau et/ou de broyeur sur les inter-rangs avec un couvert végétal semé ;
- Le nombre de passages total sur le couvert : c'est la somme du nombre d'entretiens, du nombre de destructions du couvert ainsi que du nombre de passages de préparation du sol avant semis.

c. Analyse descriptive des contraintes, du temps et travail et des coûts des couverts végétaux

Le temps de travail des différentes opérations de gestion du couvert a été analysé de manière descriptive. Cependant, les viticulteurs interrogés avaient différentes manières de calculer ce temps de travail et certains n'ont pas pu l'estimer. De plus, certains passages d'entretien du couvert sont parfois combinés avec d'autres opérations comme l'écimage ou le désherbage mécanique sous le rang. Ainsi, pour obtenir des valeurs comparables pour les variables de matériel et de coûts, les règles suivantes ont été appliquées :

- Le coût des semences a été rapporté à l'hectare plein ;
- 1 journée de travail = 10 h ;
- Si l'opération a été faite par plusieurs personnes, le temps de travail a été multiplié par le nombre de personnes ;
- Si l'opération a été faite en même temps qu'un passage non lié au couvert végétal (exemple d'un passage de broyeur combiné à l'écimeuse), le temps de travail pour cette opération est nul ;
- Si une opération a nécessité plusieurs passages, le temps de travail dédié à cette opération prend en compte l'ensemble de ces passages. Par exemple, si un passage de broyeur prend 45 min mais que le viticulteur en fait 2 au total dans la saison, le temps total de broyage sera de 1h30.

Le coût des semences a été analysé de manière descriptive. Concernant les coûts en carburant, seulement quelques viticulteurs en avaient une idée précise donc ils n'ont pas été analysés dans ce mémoire. Les coûts des matériels sont également difficiles à chiffrer car la plupart des viticulteurs utilisent pour leurs couverts végétaux du matériel dont ils se servent pour autre chose (c'est le cas du broyeur par exemple, ou des outils de travail du sol) et certains ont auto-construit leur propre matériel, ce qui limite la comparaison entre

viticulteurs. Ces coûts en matériel n'ont donc pas non plus été analysés. Face à ces difficultés, l'analyse du temps de travail et des coûts liés aux couverts végétaux a été complétée par le ressenti des viticulteurs interrogés sur la charge de travail et la charge économique que représentent pour eux les couverts.

2. Typologie de parcelles d'après les objectifs et les pratiques de gestion des couverts végétaux

Après l'analyse descriptive, les variables d'objectifs et de pratique, à l'exception de celles caractérisant le matériel et les coûts, ont fait l'objet d'une analyse multivariée en composante principale (ACM). Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a aussi été faite pour voir s'il était possible de rassembler les différentes parcelles étudiées en groupes aux objectifs et aux pratiques homogènes.

Pour réaliser l'ACM, certaines variables quantitatives ainsi que les dates ont été transformées en variables qualitatives par la création de classes de valeurs. La description de ces classes est visible dans l'Annexe 2. Les classes des variables quantitatives ont été faites pour avoir les effectifs les plus semblables possible afin de différencier au mieux les différents couverts étudiés. Les classes de variables temporelles ont été faites par décennie : la 1^{ère} décennie correspond à la modalité « début du mois », la 2^{ème} à la modalité « moitié du mois » et la 3^{ème} à la modalité « fin du mois ». Dans cette ACM, 5 variables qualitatives étaient utilisées comme variables supplémentaires :

- La date de pesée de biomasse ;
- Le secteur (Nord Drôme, Diois ou Sud Drôme) ;
- Les surfaces viticoles de l'exploitation qui ne possèdent pas de couvert (3 classes de valeurs exprimées en ha) ;
- Le pourcentage de surfaces viticoles de l'exploitation qui ne possèdent pas de couvert (3 classes de valeurs exprimées en %) ;
- Le rendement moyen de la parcelle (4 classes de valeurs exprimées en hl/ha).

La CAH a été faite sur les 10 premières dimensions de l'ACM car ces 10 premières dimensions permettent d'expliquer 70 % de la variabilité des données. **4 groupes de parcelles** ont été conservés sur la base de l'inertie et de manière à avoir plus de 2 parcelles par groupe. Les modalités des variables caractérisant ces groupes sont celles dont la valeur-test (V-test) est supérieure à 2 en valeur absolue.

3. Analyse des performances techniques des couverts

Les variables de performance des couverts, résumées dans le Tableau 2, ont tout d'abord été analysées de manière descriptive. Puis des ANOVA (analyse de la variance) ont été faites pour évaluer :

- L'effet du groupe de parcelles sur chaque variable de performance ;
- L'effet de la méthode d'évaluation (MERC1, STICS, ou Vigil et Kissel) sur la quantité d'azote potentiellement restituée à 144 jours (150 j si calculée par MERC1) ;
- L'effet de la méthode d'évaluation (MERC1 ou STICS) sur la quantité d'azote potentiellement restituée le 1^{er} mois, le 2^{ème} mois, le 3^{ème} mois, le 4^{ème} mois, le 5^{ème} mois et le 6^{ème} mois ;
- L'effet de la date de semis sur chaque variable de performance ;
- L'effet de la méthode d'entretien sur chaque variable de performance.

Des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis ont complété ces ANOVA dans le cas où les hypothèses des ANOVA n'étaient pas vérifiées.

IV. Résultats

A. Présentation de la population observée

Les entretiens ont concerné 16 viticulteurs et 27 parcelles, réparties dans le département et aux limites de la Drôme comme sur la Figure 2.

3 secteurs se distinguent :

- Le Nord Drôme avec 6 viticulteurs, et 13 parcelles ;
- Le Diois au centre-est du département avec 7 viticulteurs et 11 parcelles ;
- Le Sud Drôme avec 3 viticulteurs et 3 parcelles.

Ces secteurs correspondent aux 3 groupes techniques de viticulteurs accompagnés par la chargée de mission Viticulture d'Agribiodrôme. Les 3 stations climatiques étudiées ont été choisies pour correspondre à ces 3 secteurs. La moyenne de la pluviométrie par décade pour ces 3 stations est présentée en Figure 3. La période des précipitations les plus importantes est l'automne : les pluies sont plus importantes au début de l'automne dans le Nord Drôme (Mercuriol) que dans les autres

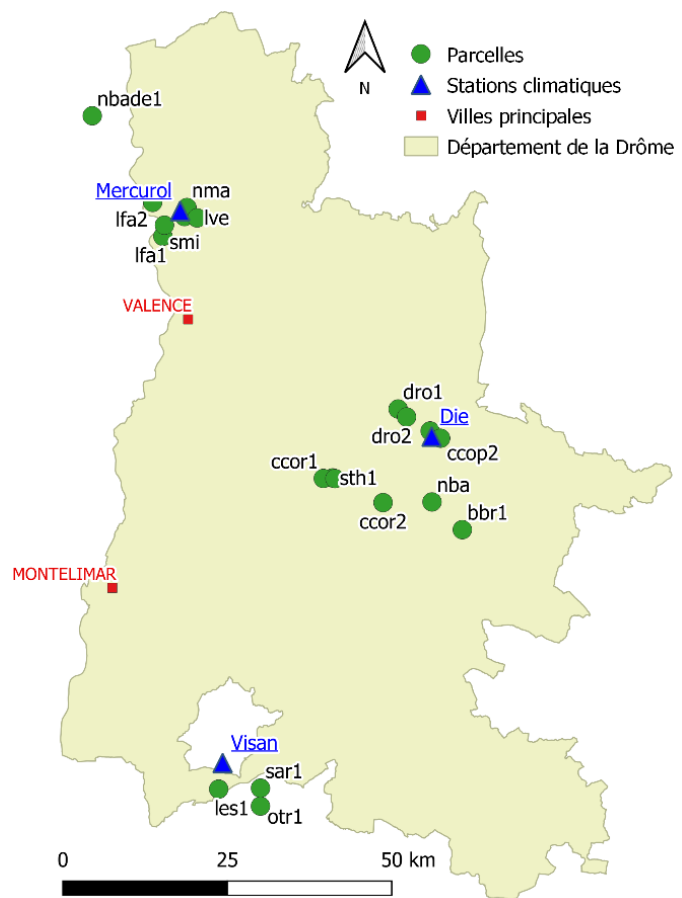


Figure 2 : Carte de localisation des couverts végétaux et des stations climatiques étudiés dans le département ou aux limites de la Drôme

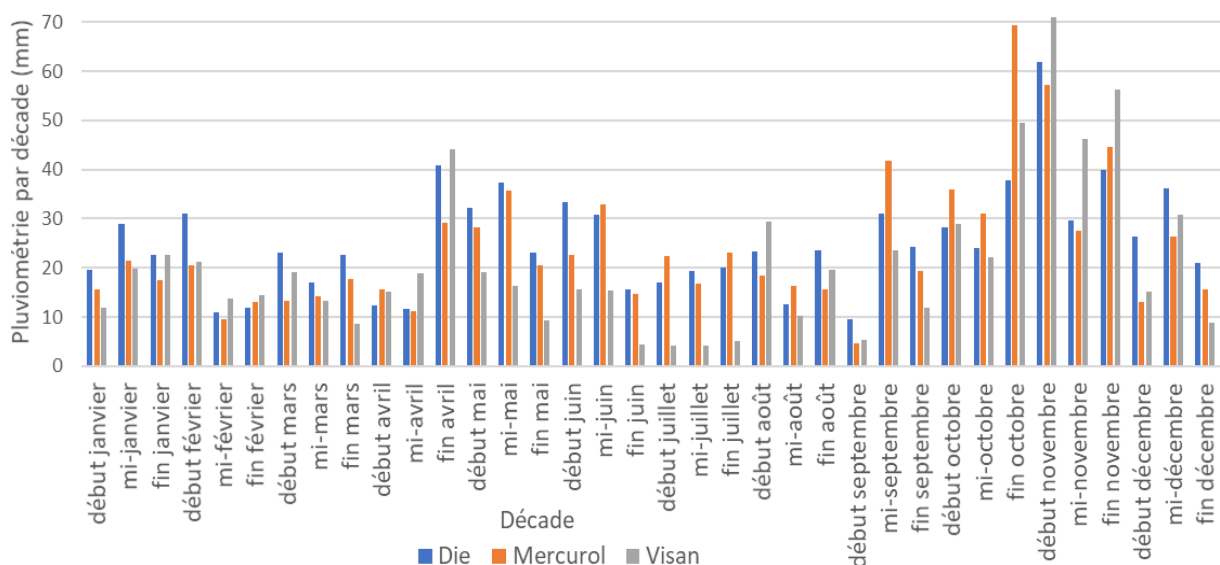


Figure 3 : Moyenne de la pluviométrie cumulée par décade entre janvier 2011 et juin 2021 pour les stations de Die et Mercuriol, et entre novembre 2014 et juin 2021 pour la station de Visan. Les données climatiques ont été fournies par la Chambre d'Agriculture de la Drôme et Météo France, et par le Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin (ROMMA) et le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Lez.

secteurs. L'hiver et le début du printemps ne sont en général pas très pluvieux (environ 20 mm par décade), le Diois (Die) enregistre cependant en hiver 5 à 10 mm de plus par décade que les autres secteurs. Puis les pluies sont plus abondantes à la fin du printemps, entre fin avril et mi-juin. A la fin du printemps et au début de l'été, le Sud Drôme (Visan) est beaucoup plus sec que les 2 autres secteurs (moins de 5 mm par décade entre fin juin et fin juillet).

B. Objectifs et pratiques de gestion des couverts végétaux

1. Enjeux et objectifs des couverts végétaux

Les 16 viticulteurs enquêtés ont présenté certains enjeux spécifiques au sol de leurs parcelles. Ainsi, parmi les 27 parcelles étudiées, 13 ont des problématiques de **qualité physique du sol**, telles que l'érosion, la forte pente ou la compaction. 8 parcelles ont des problématiques de **fertilité du sol** avec un manque de matière organique ou un manque de vigueur ou d'azote.

Face à ces enjeux, les objectifs des couverts végétaux étudiés sur ces 27 parcelles ne sont pas les mêmes. 24 couverts végétaux ont pour objectif l'augmentation de **l'activité biologique** : beaucoup de viticulteurs souhaitent en effet « favoriser la vie du sol » avec un couvert végétal, « apporter de la matière organique et rendre le sol plus vivant ». Certains sèment volontairement des espèces mellifères telles que la phacélie et cherchent à « augmenter la biodiversité sur la parcelle ».

L'amélioration de la **qualité physique des sols** est un objectif pour 23 couverts. Les viticulteurs utilisent des couverts pour « améliorer la porosité et la structure du sol » et pour en « augmenter la portance ». Les couverts sont utiles pour « décompacter le sol », en « augmenter la souplesse » et pour que « le sol fonctionne correctement ». 2 viticulteurs ont noté une forte réduction de l'érosion sur leurs parcelles en pente après la mise en place du couvert. Au total, les viticulteurs ont vu une amélioration de la structure du sol sur 21 couverts végétaux parmi les 27 étudiés. Cependant, un a cité que son sol sous couvert était plus dur car moins travaillé et 2 autres n'ont vu aucun effet du couvert sur le sol.

22 couverts végétaux sont aussi utilisés pour **protéger le sol et la vigne**. En effet, ils forment « un paillage qui protège le sol du soleil », ils permettent de « couvrir le sol et d'éviter d'avoir un sol nu ». Ils servent également à « éviter le lessivage » et à « lutter contre l'érosion ». Ils permettent aussi de « limiter la projection de spores » de champignons pathogènes sur la vigne et de « limiter les adventices ».

La majorité des viticulteurs nomment leurs couverts végétaux des engrais verts, mais tous n'ont pas cette fonction de nutrition puisqu'elle n'en concerne que 20. Ces 20 couverts sont utilisés pour gérer **la fertilité du sol** : ils servent à « restituer des minéraux au sol » et à « fertiliser la vigne, ce qui permet de diminuer les intrants ». Les couverts sont aussi parfois utilisés pour « diminuer la vigueur de la vigne ».

Les viticulteurs cherchent également à **améliorer la ressource en eau du sol** via 14 couverts végétaux. Ils pensent que « le couvert créé un microclimat » et permet de « garder l'humidité » du sol. Il est utilisé pour « augmenter la rétention en eau du sol », « limiter l'évaporation » et « limiter le stress hydrique de la vigne ». Un viticulteur a par exemple réellement constaté que son couvert permettait de « maintenir la fraîcheur du sol ».

Enfin, 7 couverts sont utilisés pour **améliorer l'état de la vigne et la qualité du vin**. Les viticulteurs concernés pensent que leurs couverts permettent « une meilleure qualité de vinification ». Certains ont constaté que « le couvert apporte de l'azote dans les moûts » et, qu'en sa présence, « la vigne souffre moins ». Un viticulteur a noté que sa vigne était plus poussante depuis l'installation du couvert.

2. Pratiques de gestion des couverts végétaux

a. Semis du couvert végétal

Date de semis

D'après les entretiens, les semis s'étalent en général de mi-septembre à mi-octobre pour la plupart des couverts végétaux, comme visible sur la Figure 4. Un seul viticulteur a semé ses deux couverts végétaux avant les vendanges, fin août 2019, mais la plupart attendent en général la fin des vendanges. Ce choix s'explique par :

- Un manque de temps au moment des vendanges et de la vinification ;
- Des conditions climatiques inadaptées au semis ;
- Des raisons pratiques : les vignes sont parfois clôturées jusqu'à la fin des vendanges ;
- La disponibilité du matériel collectif ou du prestataire.

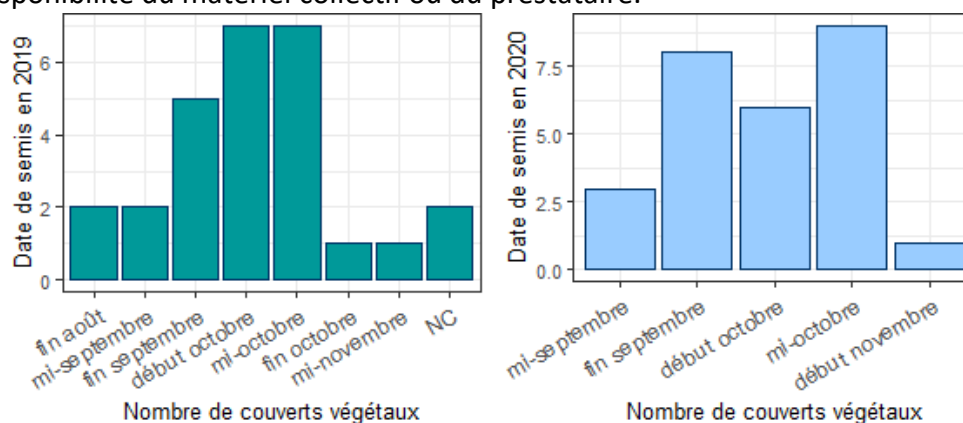


Figure 4 : Date de semis des différents couverts végétaux en 2019 et 2020. NC : le couvert n'est pas concerné par cette pratique.

Densité de semis

La densité de semis est très variable d'un couvert à l'autre (Annexe 3 Figure 20) : on trouve des semis peu denses à moins de 83 kg/ha et des semis très denses à plus de 210 kg/ha. La majorité des semis se concentre dans 3 espèces maximum puisqu'en 2019 13 couverts sur 27 avaient un indice monospécifique supérieur à 90 %, et en 2020 20 couverts sur 27 avaient un indice monospécifique supérieur à 92 %.

Composition du mélange

Dans ces mélanges, on retrouve très souvent des **légumineuses** puisque seulement 2 et 1 couverts n'en avaient pas, respectivement en 2019 et en 2020 (Annexe 3 : Pratiques de gestion des couverts végétaux Figure 21). En 2020, elles étaient utilisées en pur dans 4 couverts sur 27 et étaient dominantes dans 11 mélanges. Ces légumineuses peuvent être de la féverole, de la vesce, du pois fourrager, de la gesse ou du trèfle incarnat. Les **graminées** sont également utilisées dans 22 et 24 couverts, respectivement en 2020 et en 2019. Elles ne sont jamais pures mais souvent en mélange avec des légumineuses. On retrouve par exemple du seigle, de l'orge ou de l'avoine. Des **crucifères** telles que le radis ou la moutarde sont parfois ajoutées au mélange, mais à moins de 20 %.

Configuration spatiale des couverts végétaux

Sur 23 parcelles parmi les 27 étudiées, les couverts végétaux semés sont présents **1 inter-rang sur 2**, les autres étant semés 1 inter-rang sur 3 ou tous les inter-rangs. Les inter-rangs non semés sont enherbés spontanément une partie de l'année puis travaillés pendant la saison dans le cas de 15 couverts sur 27 (les autres étant travaillés ou enherbés toute l'année). Sur 21 parcelles, les viticulteurs font une **rotation annuelle** des inter-rangs semés. 2 parcelles suivent une rotation de 5 ans et 2 autres ne changent pas de configuration.

b. Entretien du couvert

L'entretien du couvert commence début ou mi-mai pour la plupart des parcelles (11 couverts en 2020, 13 en 2021), mais d'autres viticulteurs le font dès mars. Ils débutent l'entretien de leurs couverts principalement en fonction du stade de développement des plantes, de leur biomasse et des conditions météo. Certains viticulteurs utilisent le **rouleau** pour écraser le couvert et faire un paillage (13 couverts sur 27 d'après la Figure 5), d'autres préfèrent le **broyer** (7 et 10 couverts en 2020 et 2021). 3 et 4 parcelles en 2020 et 2021 ont été **broyées puis roulées**. 3 et 4 parcelles en 2020 et 2021 ont été **broyées puis roulées**.

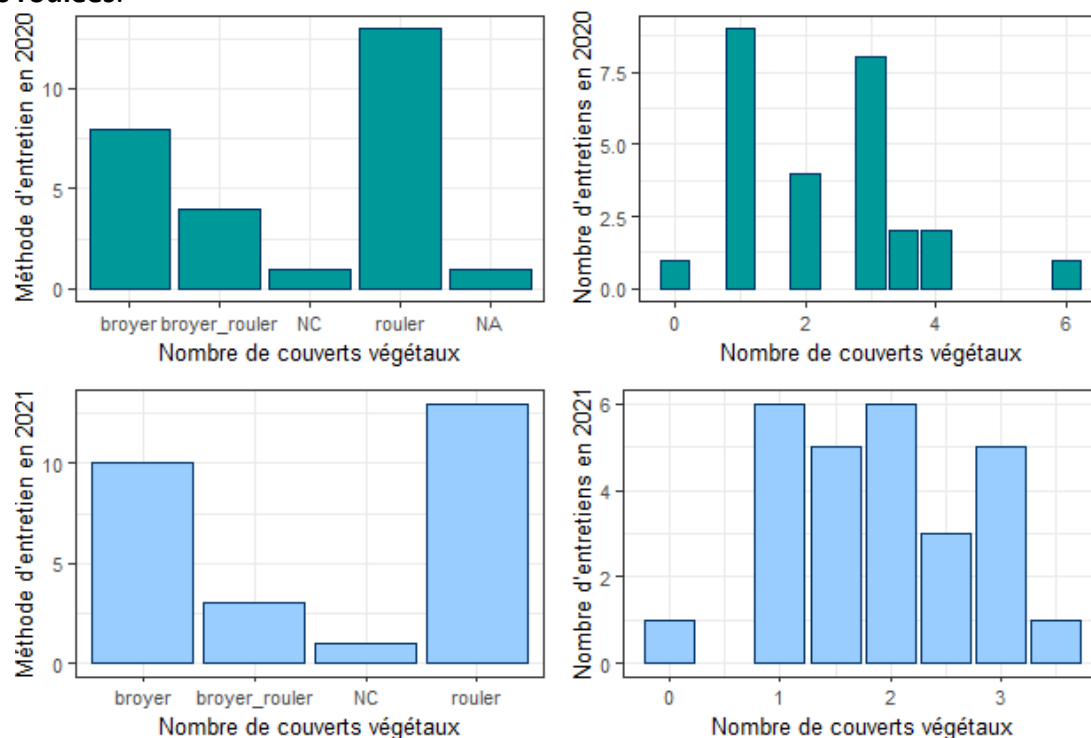


Figure 5 : Pratiques d'entretien des couverts végétaux étudiés en 2020 et 2021. NC signifie que le couvert n'est pas concerné par cette pratique, et NA signifie que la donnée n'est pas renseignée pour ce couvert.

Certains viticulteurs ne font qu'un seul passage pour entretenir leur couvert tandis que d'autres passent plusieurs fois le rouleau ou le broyeur (6 passages maximum en 2020, 3.5 en 2021). Un viticulteur n'a fait aucun passage d'entretien en 2021 car il l'a détruit directement.

c. Destruction du couvert

En 2020, les couverts de 6 parcelles ont été **détruits avant l'été par un travail du sol** qui les a enfouis, et 13 couverts l'ont été en 2021 (Annexe 3 : Pratiques de gestion des couverts végétaux Figure 22). Les viticulteurs détruisent le couvert pour limiter la concurrence hydrique avec la vigne et car ils veulent que leur couvert soit enfoui dans le sol. Dans le cas de 6 couverts végétaux en 2020 et de 10 en 2021, 1 passage a suffi pour détruire le couvert. Cependant, un viticulteur fait parfois 2 passages (d'où la moyenne de 1.5) et un autre en fait 4. La destruction du couvert se fait en général au printemps mais les dates précises sont très variables : ce peut être en mars, en avril ou en mai.

En 2020, 21 couverts n'ont pas été détruits à la fin du printemps après les passages d'entretien. C'était le cas pour 14 couverts en 2021. Ces couverts sont seulement broyés ou roulés puis ils sèchent pendant l'été. Le sol est tout de même travaillé pour préparer le semis suivant pour 14 couverts en 2020 et 17 en 2021. Cette **préparation du sol** se fait en général fin août ou en septembre, après les vendanges. Les viticulteurs ne travaillant pas le sol avant le semis font du **semis direct**, ce qui est le cas pour 10 couverts en 2020 et 7 en 2021.

C. Contraintes, coûts et temps de travail liés aux couverts végétaux

Les 16 viticulteurs enquêtés ont cité certaines contraintes de leurs parcelles qui freinent l'implantation du couvert végétal. Ainsi, 9 parcelles sont concernées par des **contraintes hydriques** (parcelles *sth1*, *lve1*, *lve2*, *les1*, *sar1*, *cca1*, *dro2*, *nba1* et *nba2*), avec des vignes sensibles au stress hydrique, une faible capacité de rétention en eau ou un « sol qui devient rapidement dur s'il est sec ». 6 parcelles ont également des **contraintes en termes de configuration** des inter-rangs (parcelles *fta1*, *bbr1*, *dro1*, *nbade1*, *nba1* et *ccop1*), qui sont étroits et nécessitent une adaptation du couvert. Enfin, 3 parcelles sont particulièrement sensibles aux maladies (parcelles *ccor1*, *ccor2* et *dro1*).

Les viticulteurs interrogés ont relevé plusieurs coûts que représentent pour eux les couverts végétaux. Le **matériel** est le coût qui a été cité le plus de fois (6 fois). Puis viennent les coûts des **semences** et du **chantier de semis**, cités par 5 viticulteurs. Le coût d'achat des semences varie de 56 € à 346 € pour semer 1 ha en plein (Figure 6) et la moyenne est de 167 €/ha pour une densité moyenne de semis de 162 kg/ha.

L'opération de gestion du couvert qui prend le plus de temps est la **préparation du sol avant semis** pour ceux qui ne font pas de semis direct : la moyenne est de 1.8 h pour préparer 1 ha à semer en plein. Cette valeur peut aller jusqu'à 4.2 h/ha pour certaines parcelles (Annexe 4 : Temps de travail liés aux couverts végétaux Figure 23). Le semis est également long et prend en moyenne 1.6 h/ha mais peut durer 3 h/ha au maximum. Préparer le mélange de semences prend aussi du temps, 20 min (0.33 h) en moyenne pour 1 ha à semer, d'autant plus si le viticulteur est seul pour faire ses mélanges. Concernant l'entretien du couvert, le broyage et le roulage ne prennent pas plus de 2 h/ha. Toutefois, le broyage est plus long que le roulage (1.2 h/ha contre 0.53 h/ha en moyenne). 8 couverts enregistrent 0 h/ha de roulage et seulement 1 couvert enregistre 0 h/ha de broyage.

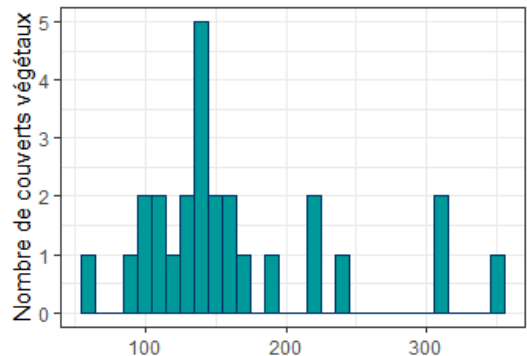


Figure 6 : Coût d'achat des semences pour 2020

D. Typologie des parcelles selon les objectifs et les pratiques

1. Quatre groupes de parcelles

Après cette analyse descriptive, une typologie des parcelles, selon les objectifs et les pratiques de gestion des couverts végétaux, semble nécessaire pour analyser le lien entre ces objectifs et ces pratiques, et pour savoir si certaines parcelles peuvent être regroupées selon des objectifs ou des pratiques similaires.

Ainsi, pour les différentes variables caractérisant les objectifs et les pratiques, les modalités prises par chaque parcelle ont été analysées par une ACM et une CAH qui ont abouti à une représentation des 27 parcelles dans un espace à 2 dimensions (Figure 8). Les 27 parcelles peuvent être séparées en 4 groupes détaillés ci-après. Les modalités conservées pour chaque groupe sont celles qui caractérisent significativement ce groupe (V-test > 2).

Les modalités ayant contribué le plus à la construction des dimensions de cette ACM sont représentées en Figure 7. Par exemple, la dimension 1 (axe horizontal) oppose des entretiens par broyage et l'utilisation d'engrais organique d'un côté, à des entretiens

commençant mi-mai de l'autre. La dimension 2 (axe vertical) oppose des couverts de 5 à 11 espèces à des couverts de 2 à 5 espèces, entretenus par 3.5 à 8 passages.

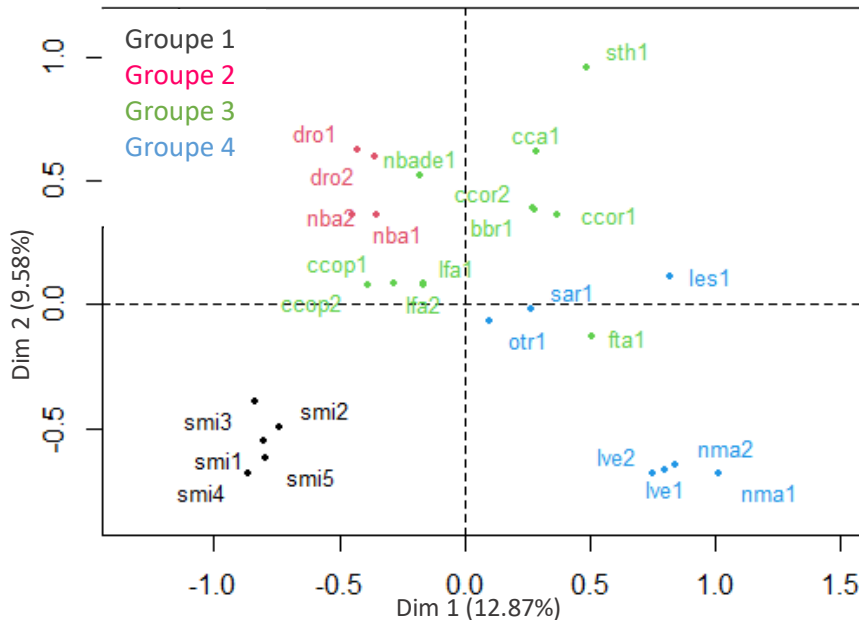


Figure 8 : Graphique des individus (les différentes parcelles) dans le plan formé par les 2 premières dimensions de l'ACM, et colorés selon leur groupe déterminé par la CAH

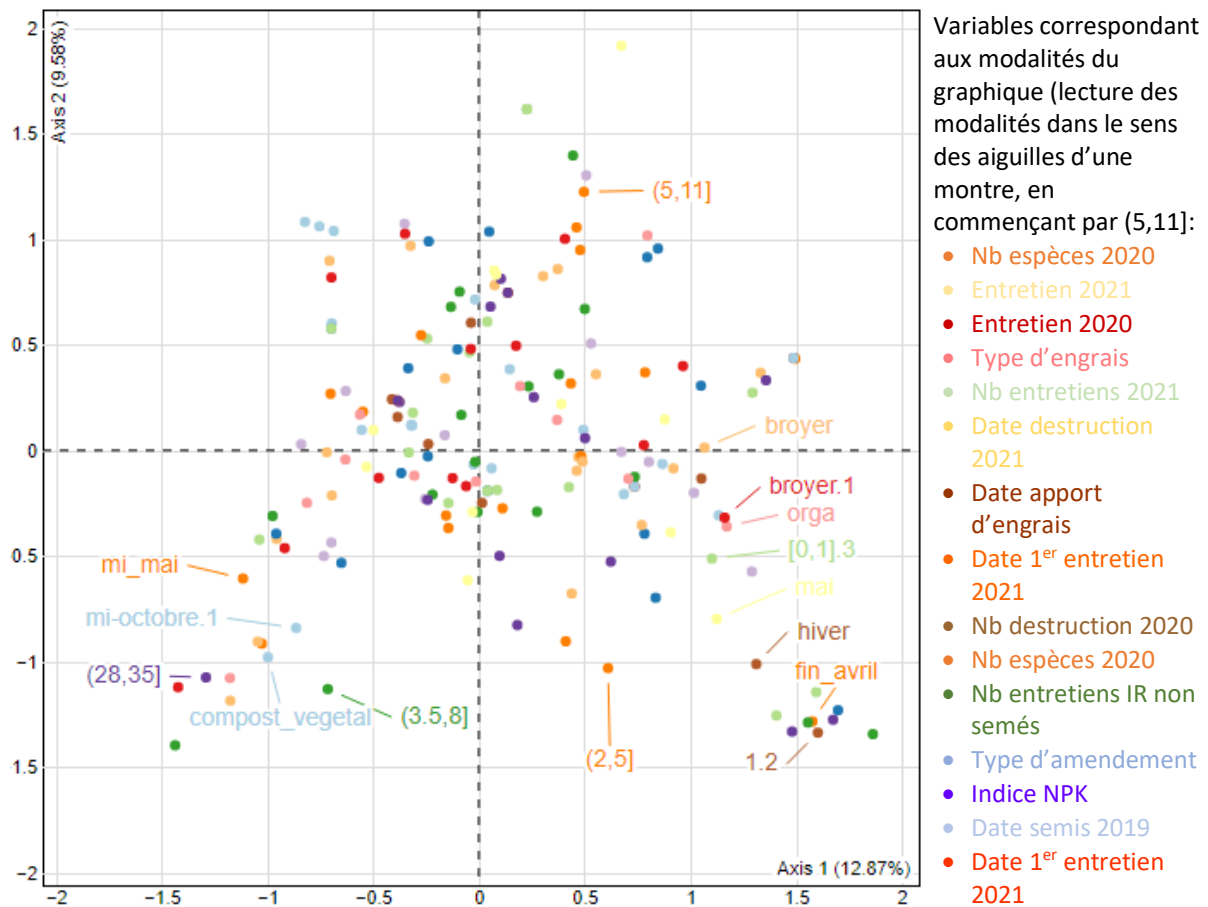


Figure 7 : Représentation des 15 premières modalités ayant contribué le plus à la construction des axes de l'ACM. orga signifie organique, Nb signifie nombre, cruci signifie crucifères, IR signifie inter-rangs.

2. Description du groupe 1

Le groupe 1 est formé par 5 parcelles appartenant au même viticulteur. Les couverts végétaux sur ces parcelles se caractérisent par les modalités détaillées dans le Tableau 3. Ainsi, ce sont des couverts du Nord Drôme ayant pour objectif l'amélioration de la ressource hydrique du sol. Ils ont été semés tôt en 2020 et à une densité élevée par rapport aux autres couverts. Ils sont très riches en crucifères. Leur entretien en 2021 s'est fait par roulage, tard dans la saison et avec de très nombreux passages tant sur les couverts que sur les inter-rangs non semés. Ces parcelles du groupe 1 sont peu fertilisées et ont un rendement faible par rapport aux autres groupes. Cependant, ce rendement est plafonné par des quotas d'appellation et n'est pas représentatif du potentiel réel de la vigne. On peut dire que le **groupe 1** est un groupe de **parcelles du Nord Drôme où les couverts sont roulés tard dans la saison et entretenus par de nombreux passages.**

Tableau 3 : Modalités des variables décrivant les couverts végétaux des parcelles du groupe 1. Les qualificatifs « très faible, faible, moyen, élevé, très élevé » et « tôt, mi-saison, tard » comparent les couverts de ce groupe avec l'ensemble des couverts étudiés. s39 signifie semaine 39, Nb signifie nombre.

Secteur	Nord	% de parcelles semées	33 à 49 %	Faible	% de légumineuses en 2019	66 à 100 %	Très élevé
Objectifs liés à l'eau du sol	Oui	Rendement moyen de la parcelle	42,6 à 45 hl/ha	Faible	1er entretien du couvert en 2021	Mi-mai	Tard
Contraintes hydriques	Non	Préparation du sol avant semis 2020	Oui		1er entretien du couvert en 2020	Début mai	Mi-saison
Contraintes de qualité physique du sol	Oui	Date de semis 2020	Fin sept (s39)	Tôt	Méthode d'entretien du couvert en 2021 et 2020	Rouler	
Amendement	Compost végétal	Date de semis 2019	Mi-octobre	Mi-saison	Nb d'entretiens du couvert en 2021	2 à 3	Elevé
Date d'amendement	Hiver	Densité de semis en 2020	179 à 240 kg/ha	Elevé	Nb d'entretiens du couvert en 2020	2 à 3	Elevé
Indice NPK	28 à 35 kg/ha	Densité de semis en 2019	83 kg/ha ou moins	Très faible	Nb de destructions du couvert en 2021	0	Faible
Nb d'entretiens sur les inter-rangs non semés	3,5 à 8	% de crucifères en 2020	8 à 19 %	Très élevé	Nb de passages total sur le couvert en 2021	3,5 à 4,5	Très élevé
Gestion des inter-rangs non semés	Enherbés puis travaillés	Nb d'espèces en 2019	1 ou moins	Faible	Nb de passages total sur le couvert en 2020	3,5 à 6	Très élevé
Surface des parcelles semées	15 à 40 ha	% de graminées en 2019	10 % ou moins	Faible			

3. Description du groupe 2

Le groupe n°2 est formé par 4 parcelles appartenant à 2 viticulteurs différents. Sur ces parcelles, les couverts se caractérisent par les modalités présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Modalités des variables décrivant les couverts des parcelles du groupe 2. Les qualificatifs « très faible, faible, moyen, élevé, très élevé » et « tôt, mi-saison, tard » comparent les couverts de ce groupe avec l'ensemble des couverts étudiés. Nb signifie nombre.

Secteur	Diois		Date de semis en 2019	Fin août et mi-sept	Tôt
Amendement	Compost animal		Nb d'espèces en 2020	2	Moyen
Date d'amendement	Automne		% de graminées en 2020	55 à 91 %	Très élevé
Nb d'entretiens des inter-rangs non semés	2 à 3,5	Elevé	% de légumineuses en 2020	0 à 25 %	Faible
% de parcelles semées	96 à 100 %	Elevé	Configuration du couvert semé	1 inter-rang sur 3	
Préparation du sol avant le semis en 2021 et 2020	Non		Entretien du couvert en 2021 et 2020	Broyage et roulage	
Semis 2019	Avant les vendanges		Nd de passages total sur le couvert en 2021	1 à 2,5	Faible

Ainsi les parcelles du groupe 2 sont des parcelles du Diois avec des couverts végétaux sans objectif particulier les caractérisant significativement. Ces couverts sont semés directement, sans travail du sol pour préparer le semis. Ils sont composés de 2 espèces, une graminée dominante et une légumineuse. Leur entretien combine les pratiques de roulage et de broyage, mais avec peu de passages au total sur le couvert. Les inter-rangs sans couvert végétal semé sont gérés par de nombreux passages d'entretien par rapport aux autres parcelles. Ce sont des parcelles amendées à l'automne par un compost animal, où le sol sous le rang de vigne n'est en général pas travaillé. Les couverts qui sont semés 1 inter-rang sur 3 se retrouvent dans ce groupe. On peut donc dire que ces parcelles du **groupe 2** sont des **parcelles du Diois avec des couverts formés d'une graminée et d'une légumineuse, semés directement et entretenus par peu de passage de broyeur et/ou de rouleau.**

4. Description du groupe 3

Le groupe n°3 est composé de 11 parcelles appartenant à 8 viticulteurs différents. Les modalités des différentes variables caractérisant les couverts sur ces parcelles sont résumées dans le Tableau 5. Les couverts végétaux sur ces parcelles ne sont pas caractérisés par des objectifs particuliers. Ils ont un pourcentage élevé de graminées en 2019 et 2020, et un nombre élevé d'espèces en 2020. Le nombre d'entretien du couvert est moyen pour 2021 et 2020. Ce ne sont pas des couverts à indice monospécifique très élevé mais plutôt moyen. De plus, ces parcelles sont en général amendées avec un compost de matière animale et végétale et elles ont un rendement très faible. Toutefois, beaucoup de ces parcelles sont en appellation et ont ainsi un quota de production à ne pas dépasser, donc le rendement n'est pas représentatif du potentiel réel de la parcelle. Ainsi les parcelles du **groupe 3** sont des **parcelles gérées par un nombre moyen de passages, aux couverts assez diversifiés, avec une dominance de légumineuse et graminées.**

Tableau 5 : Modalités des variables décrivant les couverts des parcelles du groupe 3. Les qualificatifs « très faible, faible, moyen, élevé, très élevé » et « tôt, mi-saison, tard » comparent les couverts de ce groupe avec l'ensemble des couverts étudiés. Nb signifie nombre.

Amendement	Compost animal et végétal		% de graminées en 2020	34 à 55 %	Elevé
Nb d'entretiens des inter-rangs non semés	0 à 1	Faible	% de légumineuses en 2020	25 à 60 %	Moyen
Rendement moyen de la parcelle	42,6 hl/ha ou moins	Très faible	Indice de diversité 2019	10 à 79 %	Moyen
Nb d'espèces en 2020	5 à 11	Très élevé	Indice de diversité 2020	63 à 66 %	Moyen
% de graminées en 2019	35 à 53 %	Elevé	Nb d'entretiens du couvert en 2021 et 2020	1 à 2	Moyen

5. Description du groupe 4

Le groupe n°4 rassemble 7 parcelles appartenant à 5 viticulteurs différents : on y retrouve notamment les 3 parcelles du Sud Drôme et aucune du Diois. Les caractéristiques des couverts sur ces parcelles sont détaillées dans le Tableau 6. Les couverts sur ces parcelles sont caractérisés par un nombre élevé d'espèces en mélange. Ils sont entretenus par 1 broyage maximum tôt dans la saison puis sont en général détruits. Ces parcelles du groupe 4 ont un rendement faible (mais plafonnés également par des quotas d'appellation) et sont fertilisées non pas par des amendements mais par des engrais organiques, apportés en hiver. Les inter-rangs non semés sont en général travaillés. Donc on peut dire que ces parcelles du **groupe 4** sont **des parcelles fertilisées par des engrais, avec des couverts composés d'un nombre élevé d'espèces, qui sont broyés puis détruits par un travail du sol.**

Tableau 6 : Modalités des variables décrivant les couverts des parcelles du groupe 4. Les qualificatifs « très faible, faible, moyen, élevé, très élevé » et « tôt, mi-saison, tard » comparent les couverts de ce groupe avec l'ensemble des couverts étudiés. Nb signifie nombre.

Secteur	Sud	Nb d'espèces en 2019	2 à 4	Elevé
Contraintes de configuration de la vigne	Non	Nb d'espèces en 2020	2 à 5	Elevé
Engrais	Organique	Mode d'entretien du couvert en 2020 et 2021	Broyage	
Date engrais	Hiver	1er entretien du couvert en 2021	Fin avril	Tôt
Amendement	Non	Nb d'entretiens du couvert en 2020 et 2021	0 à 1	Faible
Gestion des inter-rangs non semés	Travaillés	Nb de destruction du couvert en 2020 et 2021	1	Moyen
Rendement moyen de la parcelle	42,6 à 45 hl/ha			Faible
		Date de destruction en 2021	Mai	Tard

E. Performances techniques des couverts végétaux

1. Performances des couverts au moment de leur destruction

La production de biomasse par les couverts (aérienne, racinaire et totale), leurs rapports C/N (aérien, racinaire et total), ainsi que la quantité d'azote qu'ils ont piégée ont été évalués par la méthode MERCI à partir des pesées de biomasses fraîches des couverts à la destruction.

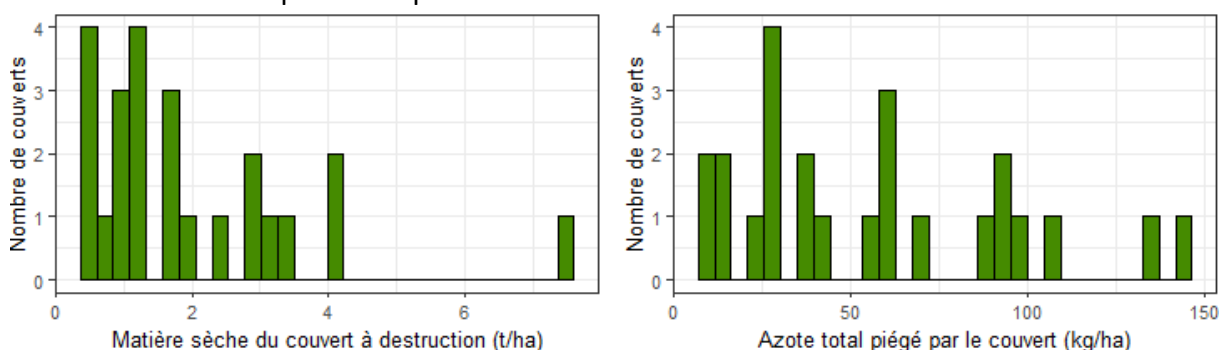


Figure 9 : Performances de production de biomasse et piégeage d'azote des couverts pour la saison 2020-2021

Ainsi, 50 % des couverts étudiés ont une **biomasse sèche** comprise entre 1 et 2,8 t/ha avec une moyenne de 2 t/ha, mais le minimum de matière sèche produite est de 400 kg/ha pour la parcelle *lve1*, et le maximum de 7.4 t/ha pour la parcelle *nbade1*. Les couverts ont accumulé des quantités d'**azote** comprises entre 10 kg/ha (parcelles *lve1* et 2) et 145 kg/ha (parcelle

nbade1), avec une moyenne de 57 unités (Figure 9). Le **rapport C/N** de ces couverts varie autour d'une moyenne de 15.6, avec le minimum à 10.6 (parcelle *nba2*) et le maximum à 17.7 (parcelle *otr1*).

Les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis ne permettent pas d'identifier de différence significative entre les 4 groupes de parcelles identifiés par la CAH pour les variables de :

- Biomasse sèche aérienne, racinaire et totale ;
- Quantité d'azote stockée ;
- Rapport C/N des parties aérienne et racinaire.

Toutefois, l'ANOVA montre des différences significatives entre groupes au niveau du rapport C/N total. Ainsi, comme visible sur la Figure 10, **le groupe de couvert n°2 a un rapport C/N total inférieur à celui des groupes 3 et 4**, mais identique à celui du groupe 1. En effet, le rapport C/N total moyen du groupe 2 est de 14.4 tandis que celui du groupe 3 et 4 est de 15.6.

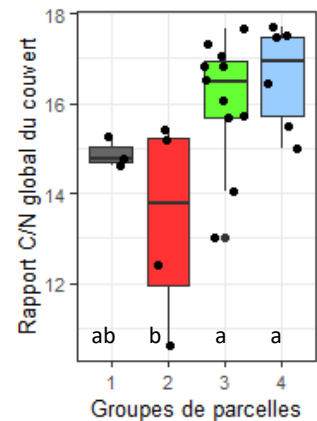


Figure 10 : Rapport des teneurs en carbone et en azote des couverts des 4 groupes de parcelles. D'après l'ANOVA, les moyennes par groupe sont différentes si les lettres en-dessous des boxplots sont différentes.

2. Performances dépendant du climat

Le cumul de pluie enregistré pendant la présence des couverts est en moyenne de 429.2 mm, avec le minimum à 238.5 mm pour la parcelle *sar1* et le maximum à 710.9 mm pour la parcelle *ccor2*. La somme des degrés-jours cumulés pendant la présence des couverts varie entre 401 °j (parcelle *sth1*) et 1067.1 °j (parcelles *smi1* à *smi5*), avec une moyenne de 782 °j. La production de biomasse est mise en lien avec le climat par le calcul de la biomasse produite par mm d'eau reçue (soit l'efficacité d'utilisation de l'eau) et par degré-jour enregistré (Figure 11). Concernant **l'efficacité d'utilisation de l'eau**, seulement 6 couverts ont produit plus de 5 kg/ha de biomasse sèche par mm d'eau reçu, la moyenne étant à 5.3 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ : il s'agit des couverts des parcelles *lfa1*, *lfa2*, *fta1*, *otr1*, *les1* et *nbade1*. La **production de biomasse par degré-jour** varie autour de 0.25 kg/°j en moyenne mais le minimum est de 0.06 kg/°j (parcelle *lve1*) et le maximum de 0.88 kg/°j (parcelle *nbade1*).

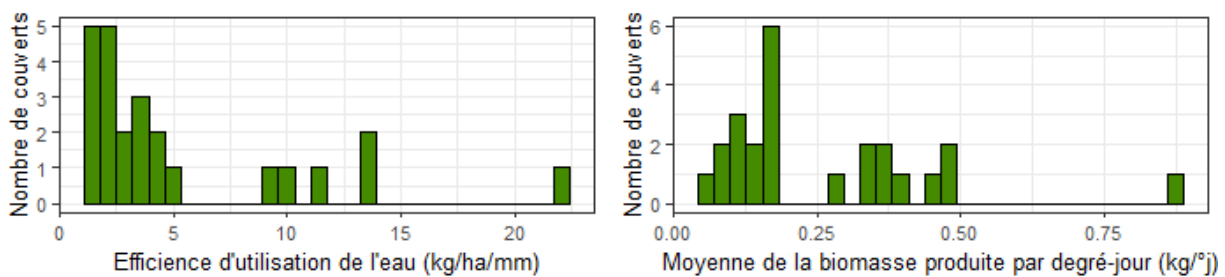
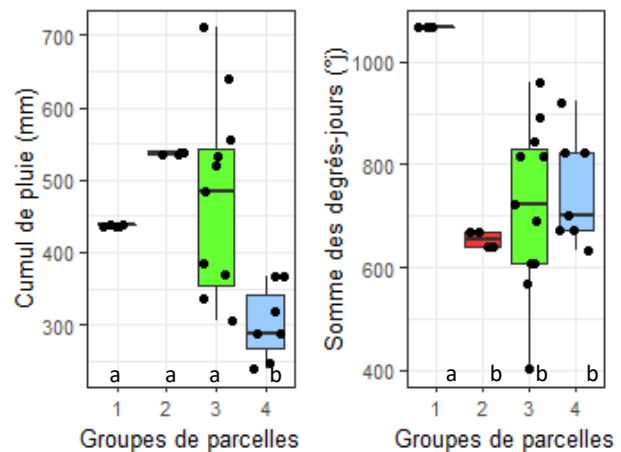


Figure 11 : Efficacité d'utilisation de l'eau et production de biomasse par degré-jour des couverts végétaux

Les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis ne permettent pas d'identifier de différence significative entre les 4 groupes de parcelles identifiés par la CAH en ce qui concerne l'efficacité d'utilisation de l'eau et la production de biomasse par degré-jour. Toutefois, les tests de Kruskal-Wallis montrent des différences significatives entre groupes au niveau du cumul de pluie et de la somme des degrés-jours. Ainsi, **les couverts des parcelles du groupe 4 reçoivent moins de pluie que les autres** : la valeur médiane pour ce groupe est inférieure à 300 mm, tandis que les autres groupes ont une valeur médiane supérieure à 430 mm. De plus, **les couverts des parcelles du groupe 1 ont enregistré une somme de degrés-jours supérieure**

à celle des autres groupes : la valeur médiane pour ce groupe est supérieure à 1000 °j tandis que celle des autres groupes est inférieure à 750 °j (Figure 12).

Figure 12 : Pluviométrie et somme des degrés-jours cumulés entre le semis et la destruction des couverts des 4 groupes de parcelles. D'après le test de Kruskal-Wallis, les distributions des valeurs par groupe sont différentes si les lettres en-dessous des box-plots sont différentes.



3. Restitutions des couverts

a. Restitutions potentielles de phosphore, de potassium, de soufre et de magnésium

Les restitutions de minéraux autres que l'azote ont été évaluées uniquement par la méthode MERCI (Annexe 5 : Performances techniques des couverts végétaux Figure 24). 7 couverts végétaux peuvent potentiellement restituer 5 kg de **phosphore** par hectare (parcelles *nma1*, *dro1*, *dro2*, *smi3*, *smi4*, *nba1* et *nba2*), et 9 peuvent en apporter 10 kg/ha (parcelles *lfa1*, *lfa2*, *nm2*, *ccor1*, *ccor2*, *cca1*, *bbr1*, *ccop1* et *ccop2*). Cependant, 4 n'en apportent aucune unité (parcelles *sth1*, *lve1*, *lve2* et *ccor1*).

Concernant le **potassium**, les couverts en apportent en moyenne 44 unités, avec un minimum de 10 kg/ha (parcelles *lve1* et *lve2*) et un maximum de 130 kg/ha (parcelle *nbade1*).

Les 10 couverts des parcelles *sth1*, *lve1*, *lve2*, *ccor1*, *dro1*, *dro2*, *smi3*, *nba1*, *nba2* et *ccop2* n'apportent aucune unité de **soufre** mais les 13 autres en apportent entre 5 et 20 kg/ha.

7 couverts sur 24 peuvent restituer 10 unités de **magnésium** au sol (parcelles *lfa1*, *lfa2*, *fta1*, *otr1*, *les1*, *cca1* et *nbade1*), 9 en apportent potentiellement 5 unités (parcelles *nma1*, *nma2*, *ccor2*, *br1*, *smi4*, *smi5*, *nba1*, *ccop1* et *ccop2*), mais 8 n'en restituent aucune (parcelles *sth1*, *lve1*, *lve2*, *ccor1*, *dro1*, *dro2*, *smi3* et *nba2*).

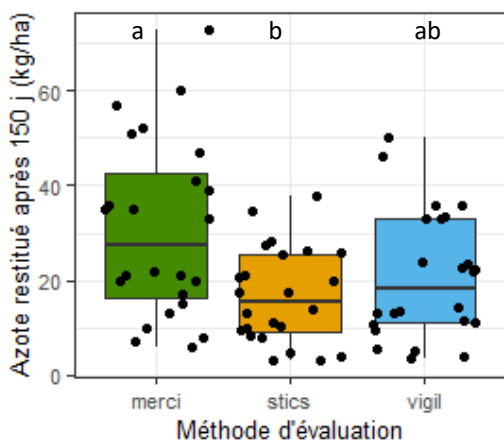
Les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis ne permettent pas d'identifier de différence significative de restitutions potentielles de phosphore, potassium, soufre et magnésium entre les 4 groupes de parcelles identifiés par la CAH.

b. Restitutions potentielles d'azote 144 jours après la destruction du couvert

Les restitutions potentielles d'azote 144 jours après la destruction du couvert ont pu être évaluées selon 3 méthodes : la méthode MERCI, le formalisme utilisé dans le modèle STICS et l'équation proposée par Vigil et Kissel. Ces valeurs varient autour d'une moyenne de 22.7 kg N/ha, toute méthode d'évaluation confondue. Le minimum est de 3.1 kg N/ha (parcelle *lve1*) et le maximum de 73.0 kg N/ha (parcelle *les1*).

Les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis ne permettent pas d'identifier de différence significative entre les 4 groupes de parcelles pour cette quantité d'azote potentiellement restituée à 144 j, qu'elle soit calculée par la méthode MERCI, par le formalisme STICS ou par l'équation de Vigil et Kissel.

Une comparaison des résultats obtenus pour cette variable d'après les 3 méthodes d'évaluation est disponible en Figure 13. Le test de Kruskal-Wallis permet de montrer **une différence significative de quantité d'azote restituée après 144 j entre la méthode MERCI et le formalisme STICS. STICS a en effet tendance à donner des valeurs inférieures à celles**



obtenues par la méthode MERCI : la valeur médiane pour STICS est de 15.7 kg N/ha tandis qu'elle est de 27.5 kg N/ha pour MERCI. En revanche, aucune différence significative ne s'observe pour cette variable entre l'équation de Vigil et Kissel et les 2 autres méthodes.

Figure 13 : Restitution potentielle d'azote 144 jours après la destruction du couvert, selon 3 méthodes d'évaluation. D'après le test de Kruskal-Wallis, les distributions des valeurs selon la méthode d'évaluation sont différentes si les lettres au-dessus des box-plots sont différentes.

c. Restitutions potentielles d'azote sur 6 mois

L'évolution des restitutions potentielles d'azote pendant les 6 mois suivant la destruction du couvert a été évaluée mois par mois selon la méthode MERCI et le formalisme utilisé par le modèle STICS (Figure 14).

D'après les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis, ces quantités d'azote potentiellement restituées mois par mois (qu'elles soient calculées par la méthode MERCI ou par le formalisme STICS) ne sont pas significativement différentes selon les 4 groupes de parcelles identifiés par la CAH.

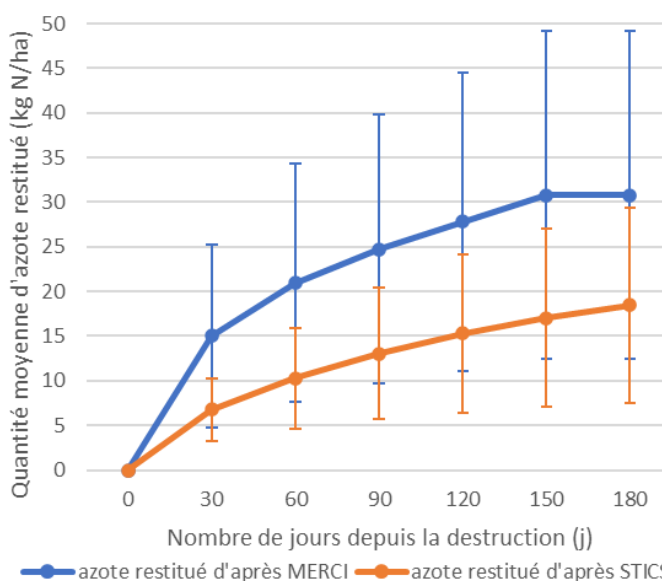


Figure 14 : Evolution des restitutions potentielles d'azote pendant les 6 mois suivant la destruction du couvert, selon 2 méthodes d'évaluation. Les barres verticales symbolisent les écart-types.

D'après les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis, les quantités d'azote restitué le 3^{ème} et le 4^{ème} mois ne sont pas significativement différentes selon la méthode d'évaluation. Toutefois, les tests de Kruskal-Wallis permettent d'identifier des différences significatives selon la méthode d'évaluation pour la quantité d'azote restituée le 1^{er}, le 2^{ème}, le 5^{ème} et le 6^{ème} mois. **Pour les 1^{er}, 2^{ème} et 5^{ème} mois, le formalisme STICS a tendance à donner des valeurs de restitution d'azote inférieures à celles calculées par la méthode MERCI.** Toutefois, **pour le 6^{ème} mois, il semble que STICS donne des valeurs supérieures à celles de MERCI.** En effet, tandis que MERCI estime que l'azote contenu dans les couverts végétaux étudiés a été entièrement restitué au bout du 5^{ème} mois, STICS continue à prévoir des restitutions le 6^{ème} mois. La Figure 25 en Annexe 5 : Performances techniques des couverts végétaux montre que cette minéralisation se poursuit jusqu'au 450^{ème} jour (soit 1.5 ans) après la destruction. Par la suite, le pourcentage d'azote minéralisé atteint un plateau à 43 %.

F. Effet des pratiques de gestion des couverts sur les performances techniques

1. Effet de la méthode d'entretien

D'après les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis, la seule performance technique qui est influencée par la méthode d'entretien (roulage et/ou broyage) est la quantité de magnésium potentiellement restituée par le couvert. En effet, **si le couvert est broyé puis roulé, il n'y a aucune unité de magnésium restituée, alors qu'il y en a 5 unités s'il est uniquement roulé** (Annexe 5 : Performances techniques des couverts végétaux Figure 26). Toutefois, aucune différence de restitutions de magnésium ne s'observe entre le broyage seul et le broyage + roulage, ni entre le broyage seul et le roulage seul.

2. Effet de la date de semis

D'après les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis, la date de semis influence la quantité d'azote stockée dans le couvert. En effet, la Figure 15 montre que **les couverts semés mi-septembre (du 11/09 au 20/09) absorbent plus d'azote que ceux semés début octobre ou début novembre**. En revanche, il n'y a pas de différence entre les couverts semés mi-septembre et ceux semés fin septembre ou mi-octobre. De plus, d'après les ANOVA et les tests de Kruskal-Wallis, la date de semis influence également les restitutions potentielles d'azote, qu'elles aient été évaluées par la méthode MERCI, par le formalisme STICS ou par l'équation de Vigil et Kissel, et qu'importe le temps après la destruction. La Figure 16 montre l'exemple de l'azote restitué après 144 j : on remarque que **les couverts semés mi-septembre (du 11/09 au 20/09) restituent plus d'azote que ceux semés début octobre (du 01/10 au 10/10) ou début novembre (du 01/11 au 10/11)**. En revanche, on n'observe jamais de différence entre les couverts semés mi-septembre et ceux semés fin septembre ou mi-octobre, ni entre les couverts semés début octobre et ceux semés fin septembre ou mi-octobre.

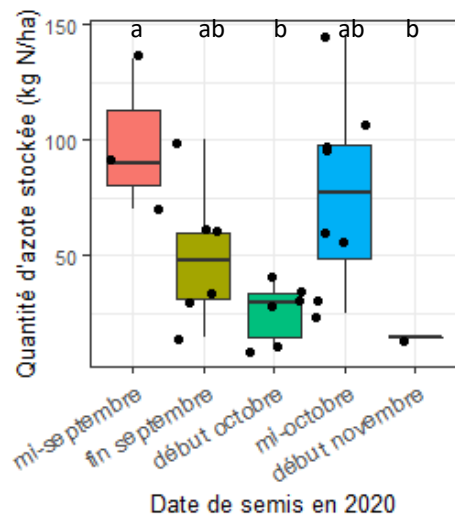


Figure 15 : Quantité d'azote stockée dans le couvert selon la date de semis. D'après l'ANOVA, les moyennes par groupe sont différentes si les lettres au-dessus des boxplots sont différentes.

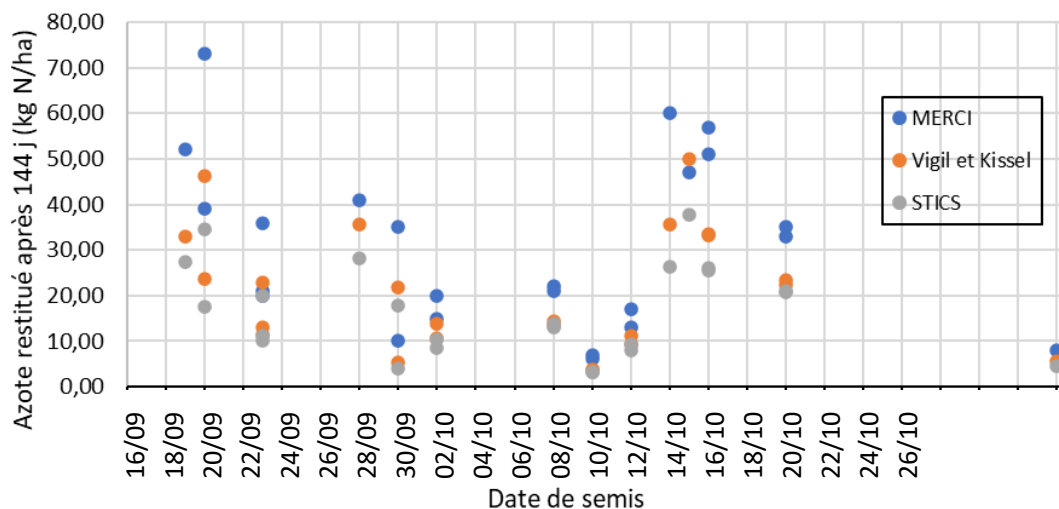


Figure 16 : Azote restitué par le couvert après 144 j selon la date de semis et 3 méthodes d'évaluation

V. Discussion

A. Représentativité de l'échantillon observé

Les entretiens se sont concentrés sur 3 groupes de viticulteurs allant être ou étant déjà accompagnés par Agribiodrôme sur la pratique des couverts végétaux. Ils ont permis d'interroger 16 viticulteurs et d'étudier 27 parcelles. **Les résultats obtenus ne sont donc pas représentatifs de l'ensemble des couverts végétaux en viticulture bio de la Drôme.** Cependant, ils représentent les principales pratiques et problématiques des adhérents d'Agribiodrôme motivés pour améliorer leurs couverts, et peuvent servir de base pour identifier les besoins en accompagnement de ces viticulteurs. Ce travail gagnerait à être complété par l'étude de nouveaux couverts même si cela se fait sur une saison différente de 2020-2021 : il s'agirait alors de déterminer un itinéraire technique moyen indépendamment de la saison.

B. Des objectifs et des pratiques qui dépendent plus du viticulteur que de la parcelle

La distinction des 27 parcelles étudiées en 4 groupes permet d'expliquer seulement 22.4 % de la variabilité des objectifs et des pratiques de gestion des couverts (Figure 8). Ce faible pourcentage peut s'expliquer car **les parcelles ne sont pas indépendantes entre elles.** En effet, certaines appartiennent au même viticulteur, ce qui rend la classification moins discriminante : on remarque que les parcelles appartenant au même viticulteur se retrouvent dans le même groupe (Figure 8). Ainsi, la **parcelle semble moins pertinente que le viticulteur pour caractériser et classier les couverts végétaux.** Les viticulteurs ont en effet certaines pratiques de gestion des couverts identiques quelle que soit la parcelle. C'est le cas pour :

- La date de semis, les dates d'entretien et les dates de destruction du couvert, pour des questions d'organisation du travail ;
- Les méthodes d'entretien et de destruction du couvert, qui dépendent du matériel disponible.

Les adaptations faites par parcelle concernent en général seulement le nombre d'inter-rangs semés, la composition et la densité du mélange ou encore la gestion des inter-rangs non semés.

De plus, cette typologie de parcelles a été faite en utilisant 52 variables actives, ce qui représente beaucoup de critères pour différencier seulement 27 parcelles. Les parcelles auraient peut-être eu moins de points communs si moins de variables avaient été utilisées, par exemple en établissant un itinéraire technique moyen plutôt qu'en séparant celui de 2019-2020 et celui de 2020-2021.

C. Des objectifs multiples pour les couverts végétaux

Les viticulteurs rencontrés visent tous plusieurs services à travers leurs couverts végétaux, et certains de ces services sont assez similaires à ceux recherchés dans les vignobles du Languedoc-Roussillon. En effet, Frey (2016) et Fernández-Mena *et al.* (2021) ont souligné que dans cette région, les couverts sont également utilisés pour améliorer la qualité du sol, en limitant l'érosion et en augmentant la portance et le taux de MO, et pour augmenter l'activité biologique et favoriser la biodiversité. Cependant, l'objectif d'amélioration de la ressource en eau du sol, cité par les viticulteurs bio de la Drôme, ne semble pas être très recherché dans le

Languedoc-Roussillon. Également, en Languedoc-Roussillon, les couverts sont utilisés pour réduire les coûts et limiter la lixiviation, alors que ceci n'est pas observé dans l'échantillon de la Drôme.

Dans le Diois, les objectifs majoritaires des couverts en viticulture bio **sont l'augmentation de l'activité biologique, l'amélioration de la qualité du sol, la protection du sol et de la vigne, et la gestion de la fertilité du sol.** L'objectif d'amélioration de la ressource en eau n'est pas majoritaire dans ce secteur. On peut penser que l'enjeu des couverts végétaux dans le Diois concerne surtout la qualité physique des sols qui sont soumis à l'érosion, car les parcelles sont souvent en pente dans cette zone montagneuse. Il y a peut-être moins de contraintes hydriques sur ces parcelles que dans les autres secteurs, car l'hiver est un peu plus pluvieux dans le Diois que dans le Nord ou le Sud Drôme.

Dans le Nord Drôme, les objectifs des couverts en viticulture bio sont diversifiés et concernent autant l'amélioration de la qualité des sols que l'amélioration de la ressource en eau, en passant par la gestion de la fertilité. L'enjeu le plus important des couverts d'après ces viticulteurs semble être l'amélioration de la qualité globale du sol (physique et chimique), qui a été dégradée sur certaines parcelles par d'anciennes pratiques de travail intensif des sols.

Dans le Sud Drôme, les objectifs des couverts en viticulture bio sont plus précis, puisqu'ils **concernent essentiellement l'augmentation de l'activité biologique, la gestion de la fertilité et la protection du sol.** Un seul viticulteur utilise le couvert pour améliorer la ressource en eau, les autres essayent plutôt de limiter la concurrence hydrique, ce qui peut se justifier car ce secteur est plus sec que les autres à la fin du printemps et au début de l'été.

D. Un temps de travail et des coûts limités

Certains auteurs comme Canali *et al.* (2013) estiment que les couverts végétaux entraînent un temps de travail supplémentaire à cause des opérations de semis, d'entretien et de destruction du couvert. D'après Alonso-Ayuso *et al.* (2020), le coût de mise en place des couverts végétaux est le principal frein à leur adoption. Les entretiens avec les viticulteurs ont permis de vérifier cela, même si les questions sur le temps de travail et les coûts liés aux couverts végétaux n'ont pas été répondues par tous.

Justes (2017) évalue que la gestion d'un couvert en grandes cultures nécessite entre 0,6 et 2,2 h/ha de travail supplémentaire. Or d'après les entretiens, ce temps de travail en viticulture bio est plus élevé. En effet, si l'on suppose un itinéraire technique incluant la préparation du mélange à semer, un passage de préparation du sol, le semis et un broyage, **le temps de travail moyen dédié au couvert serait de presque 5 h/ha** d'après les résultats des entretiens. Ce temps de travail global dédié aux couverts végétaux est **un coût** pour 4 viticulteurs : un trouve notamment que la préparation du semis est un véritable coût en termes de temps de travail. 4 autres viticulteurs trouvent que les couverts nécessitent surtout une **réorganisation du travail** et de la main d'œuvre. Par exemple, 5 viticulteurs combinent des passages d'entretien du couvert avec d'autres opérations de gestion de la vigne, telles que l'écimage.

Le **coût moyen des semences** pour les couverts végétaux en vignes bio, évalué à **167 €/ha** dans ce mémoire pour une densité moyenne de semis de 162 kg/ha, est très supérieur aux estimations de Justes (2017), qui l'évalue entre 14 et 60 €/ha pour un couvert en grandes cultures. Ce prix s'explique car ces semences doivent être certifiées AB pour être utilisables en viticulture biologique, ou non traitées si elles ne sont pas disponibles en bio (Chambres d'Agriculture Rhône-Alpes, 2012). De plus, certaines espèces, telles que les crucifères ou la

phacélie, sont plus chères que d'autres comme les céréales. Il est souvent nécessaire de surdoser le semis du couvert en viticulture de 25 % à 75 % par rapport aux densités préconisées en grandes cultures, car les vignes sont souvent sur des terres de moins bonne qualité que les céréales (Dubreil, 2021a). Face à ce coût des semences, beaucoup de viticulteurs rencontrés utilisent des **grains fermiers**, moins chers que les semences certifiées. Ces grains fermiers sont autorisés par le GNIS (Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants) et doivent être issus d'une agriculture biologique, ou en deuxième année de conversion si la variété n'est pas disponible en AB. Certains viticulteurs ont également la possibilité de produire eux-mêmes une partie des grains à semer.

Au total, Justes (2017) évalue le coût additionnel du semis et de l'opération de destruction du couvert en grandes cultures à un montant variant de 30 à 92 €/ha, sans compter les semences. Les estimations de l'Institut Français de la Vigne et du vin (IFV) se rapprochent plus des coûts identifiés dans les entretiens. En effet, l'IFV a évalué le coût d'un semis automnal sur tous les inter-rangs à 250 €/ha (avec les semences, le coût de la main d'œuvre et de la traction), et le coût de la destruction à 35 €/ha pour un passage de rouleau et à 55 €/ha pour un enfouissement (Institut Français de la Vigne et du Vin, [s d]). Pour diminuer ces coûts, 6 viticulteurs utilisent du **matériel en coopérative ou du matériel qu'ils avaient déjà** avant de mettre en place des couverts, et 9 viticulteurs ont **auto-construit** soit leur semoir soit leur rouleau.

Finalement, par rapport aux avantages des couverts végétaux et aux services qu'ils rendent, un seul viticulteur trouve que gérer un couvert représente un coût, tandis que **6 autres ont affirmé que ce n'était pas un coût** pour eux. 3 viticulteurs trouvent que la gestion des couverts végétaux leur prend trop de temps, mais **8 viticulteurs se sont dits satisfaits de ce temps de travail** et 3 disent même que cela leur économise du temps par rapport à un désherbage mécanique.

E. Des pratiques d'entretien et de destruction du couvert adaptées aux contraintes hydriques

Les résultats ont montré que les couverts végétaux des parcelles du **groupe 4** sont en général broyés une fois, tôt dans la saison, puis détruits par un travail du sol, et les inter-rangs non semés sont en général travaillés (Tableau 6). Ces pratiques peuvent s'expliquer par les conditions climatiques des parcelles. En effet, le cumul de pluie des parcelles du groupe 4 est inférieur à celui des autres groupes. De plus, 3 parcelles parmi les 7 de ce groupe sont situées dans le Sud Drôme, où la pluviométrie est en moyenne plus faible que celle des 2 autres secteurs à la fin du printemps et au début de l'été (Figure 3). Les viticulteurs ont cité que 4 parcelles de ce groupe étaient soumises à des contraintes hydriques, donc on peut penser qu'**ils détruisent leur couvert assez tôt pour limiter la concurrence en eau entre le couvert végétal et la vigne**.

Le viticulteur possédant les parcelles du groupe 1 n'a, lui, pas exprimé la présence de contraintes hydriques sur ces parcelles. C'est peut-être pour cela qu'il s'autorise à ne pas détruire ses couverts mais à les rouler tard dans la saison.

F. Une date de destruction à adapter selon la pluviométrie

Pour que le couvert soit minéralisé, il faut qu'il y ait certaines conditions d'humidité au moment de sa destruction.

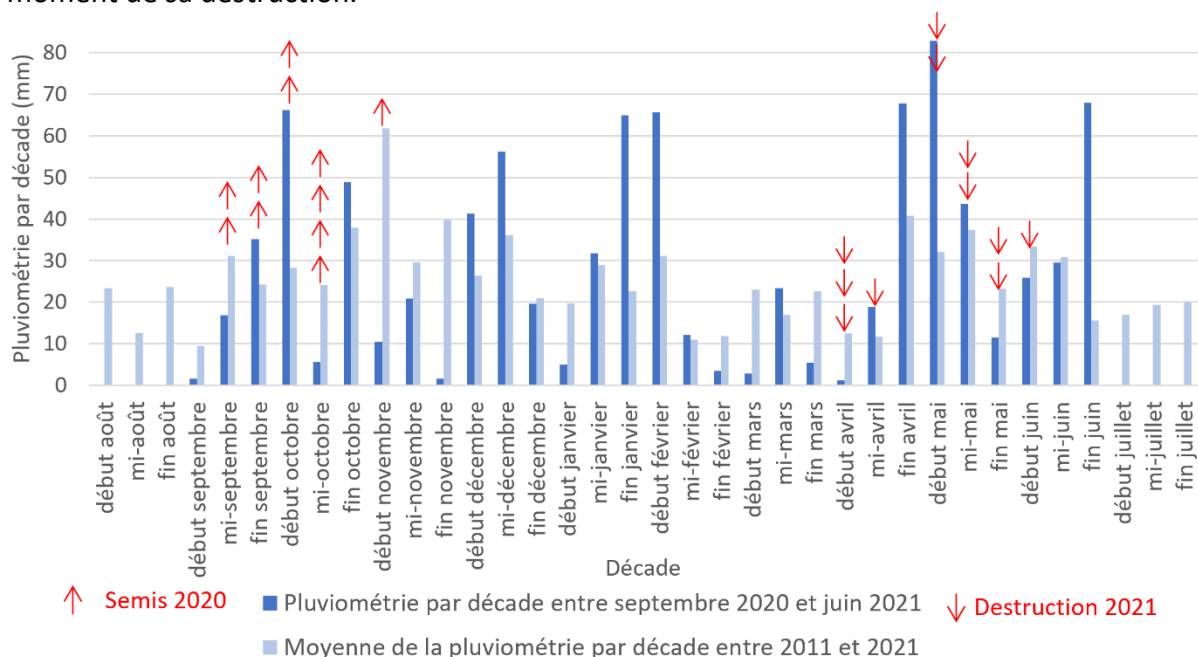


Figure 17 : Moyenne entre 2011 et 2021 de la pluviométrie par décade à Die. Les données météo ont été fournies par la Chambre d'Agriculture de la Drôme et Météo France. Une flèche rouge représente une parcelle.

D'après les données météo de la station de Die sur 2011-2021 (Figure 17), les résidus des 4 couverts végétaux du Diois qui sont détruits début ou mi-avril reçoivent moins de 12 mm d'eau sur 10 jours. En moyenne sur ces 10 dernières années, les précipitations conséquentes (30 mm sur 10 j) sont plutôt entre fin avril et mi-mai, puis début et mi-juin. Donc, **dans le Diois, un couvert détruit début avril ne sera pas minéralisé plus tôt qu'un couvert détruit fin mai et, dans un objectif de minéralisation, il n'est pas utile de détruire le couvert avant la fin avril.**

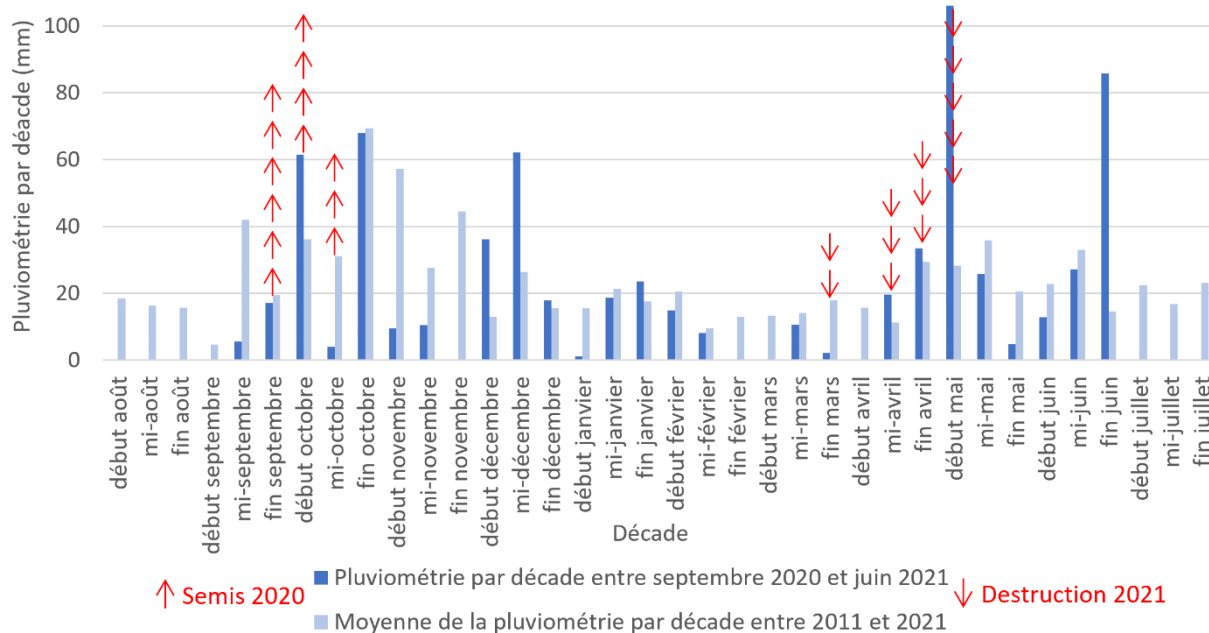


Figure 18 : Moyenne entre 2011 et 2021 de la pluviométrie par décade à Mercuroil. Les données météo ont été fournies par la Chambre d'Agriculture de la Drôme et Météo France. Une flèche rouge représente une parcelle.

De même dans le Nord Drôme, les résidus des 5 couverts détruits le plus tôt, entre fin mars et mi-avril, reçoivent moins de 20 mm d'eau sur 10 jours et ne seront donc pas minéralisés plus tôt que les autres. En effet, les résidus des 8 autres couverts détruits entre fin avril et début mai reçoivent environ 30 mm sur 10 jours (Figure 18). Donc **dans le Nord Drôme, dans un objectif de minéralisation, il n'est pas utile de détruire le couvert avant la fin avril.**

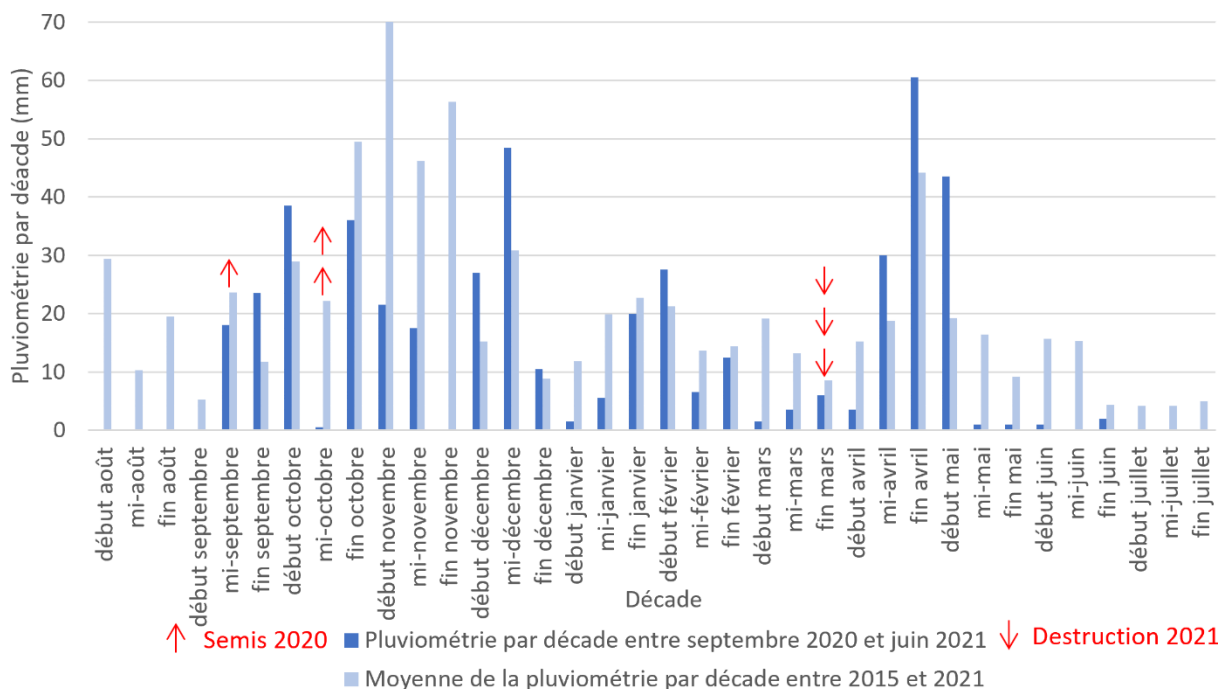


Figure 19 : Moyenne de la pluviométrie à la station de Visan entre 2014 et 2021. Les données sont issues du Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin (ROMMA) et du Syndicat Mixte du Bassin Versant du Lez. Une flèche rouge représente une parcelle.

Enfin, dans le Sud Drôme, les 3 couverts végétaux étudiés sont détruits fin mars, à une période où les précipitations sont faibles en général, de moins de 10 mm sur 10 jours d'après la Figure 19. Donc **dans le Sud Drôme, il vaut mieux également retarder la destruction à fin avril.**

G. Des pratiques qui favorisent certaines performances

La date de semis influence la quantité d'azote stockée dans le couvert ainsi que les restitutions potentielles d'azote. Donc, **dans un objectif d'engrais verts et pour augmenter le taux d'azote minéral des sols, il vaut mieux semer le couvert mi-septembre plutôt que début octobre ou début novembre.** Une hypothèse expliquant cela est qu'en semant plus tôt et à date de destruction égale, la durée de présence du couvert est plus importante : le couvert a plus de temps pour se développer, produire de la biomasse, absorber des minéraux, voire fixer de l'azote atmosphérique dans le cas des légumineuses. Cependant, les résultats ont montré que la date de semis n'influence ni la production de biomasse, ni le rapport C/N ni la somme des degrés-jours accumulés par le couvert.

La méthode d'entretien n'influence pas les restitutions potentielles d'azote, mais elle influence les restitutions de magnésium. Ainsi, **si le couvert est utilisé pour apporter du magnésium, il vaut mieux ne pas combiner des passages de broyeur et de rouleau mais utiliser uniquement le rouleau.**

H. Des couverts végétaux qui participent à la fertilisation de la vigne

Les besoins en minéraux de la vigne cités ci-après sont ceux donnés par Maille (2017) d'après Champagnol (1984). Pour l'azote, la vigne prélève entre 40 et 70 unités. Donc les restitutions par le couvert, variant entre 15.66 et 27.50 kg N/ha, ne suffiront pas à assurer la nutrition azotée de la vigne mais elles sont à prendre en compte dans la fertilisation et peuvent permettre une diminution des engrais et amendements azotés.

Les prélèvements totaux de la vigne en phosphore sont de 10 à 20 kg P_2O_5 .ha⁻¹.an⁻¹. Les 5 ou 10 kg P_2O_5 /ha de phosphore potentiellement restitué par les couverts représentent au moins la moitié de ces besoins et, s'ils sont absorbés par la vigne, ils peuvent participer à sa nutrition. Les besoins de la vigne en potassium se trouvent entre 50 et 80 kg K_2O .ha⁻¹.an⁻¹. Bien que la moyenne de restitution estimée sur les 24 couverts étudiés soit inférieure à 50 unités, 10 couverts se trouvent dans la fourchette des prélèvements de la vigne ou au-delà et sont donc à prendre en compte dans la fertilisation.

En ce qui concerne le soufre, la vigne a besoin de seulement 6 unités par an, mais seulement la moitié des couverts étudiés peuvent potentiellement en apporter. La vigne a besoin de 10 à 25 unités de magnésium par an, donc les 16 couverts qui apportent du magnésium sont une source intéressante en ce nutriment.

Il faut cependant bien noter que **ces restitutions sont potentielles**. Selon la date de destruction des couverts et la vitesse de minéralisation, les minéraux peuvent ne pas être disponibles au moment où la vigne en a besoin. **La date de destruction doit être adaptée au climat comme vu ci-dessus, mais également au stade de développement des plantes et au niveau de concurrence hydrique exercée par le couvert**. Il y a un risque de faim d'azote si le couvert est déjà monté à paille, car c'est à partir de ce stade que la quantité de cellulose augmente dans la plante et que les quantités d'eau et d'éléments simples solubles diminuent. Une destruction tardive augmente aussi le risque de floraison voire de montée en graine de certaines espèces envahissantes ou dominantes (Maille, 2017).

La date de destruction est aussi fonction du cycle de la vigne. Par exemple, pour l'azote, les réserves hivernales suffisent à alimenter la vigne jusqu'à la floraison, mais après, des pics de besoins en azote apparaissent, au stade petit pois puis après la véraison (Verdenal *et al.*, 2021). C'est donc à partir de la floraison que la vigne puise de l'azote dans le sol. Ainsi, si l'objectif du couvert végétal est de servir d'engrais vert, il doit être détruit un à deux mois avant la floraison pour que les minéraux soient disponibles à temps (Chambre d'agriculture de la Charente Maritime, 2018). En cas de destruction trop tardive, il risque d'y avoir une minéralisation lors de la floraison de la vigne qui accroît sa sensibilité aux maladies (Maille, 2017). Les excès d'azote en fin d'été sont à éviter car ils favoriseraient la pourriture des raisins.

I. Limites des méthodes d'évaluation des performances techniques

1. Limites de la méthode MERCI

Les performances techniques des couverts végétaux ayant été majoritairement évaluées par la méthode MERCI, il est nécessaire de connaître les limites de cet outil. En effet, la méthode MERCI a d'abord été conçue pour les cultures intermédiaires présentes dans les rotations de grandes cultures. Comme elle est de plus en plus utilisée pour les couverts végétaux en vigne, des adaptations ont été faites dans la version 2.1.0 publiée en 2020. Cependant, son utilisation dans les parcelles viticoles bio de la Drôme a fait émerger quelques limites.

Tout d'abord, la méthode MERCI s'appuie sur une base de données terrain pour calculer les différentes variables de sortie. Toutefois, ces données récoltées sont issues d'environnements et de protocoles différents induisant une **grande variabilité pour une même espèce et une même variable**. Malgré le nombre important de données collectées, les mesures réalisées sur les différents essais sont très hétérogènes. Les espèces sont également représentées de manière hétérogène : l'espèce majoritaire, la moutarde blanche, représente 14,2 % de la base de données avec 1 350 observations tandis que certaines espèces possèdent moins de 10 références (Minette, 2020).

De plus, **si la quantification de la biomasse du couvert et de la quantité d'azote stockée est assez précise, les quantités de minéraux restituées et les dynamiques de restitution le sont moins** puisqu'elles dépendent non seulement des caractéristiques du couvert, mais également de la variabilité climatique, de la texture des sols et du travail du sol. Il faut donc insister sur le caractère potentiel des restitutions calculées (Thomas et Archambeaud, 2016).

La version 2 de la méthode MERCI constitue une amélioration puisqu'elle prend en compte la différence entre un couvert enfoui et un couvert laissé en surface. Cependant, pour un couvert laissé en surface, les références de minéralisation ont été établies pour un couvert broyé et **aucune référence n'est disponible pour un couvert qui serait roulé**. Or 15 couverts végétaux parmi les 27 étudiés dans ce mémoire sont roulés. Des recherches bibliographiques ont été effectuées pour identifier des différences chiffrées de minéralisation de l'azote entre des couverts broyés et roulés, mais peu d'articles sont disponibles à ce sujet. Les seuls dont le sujet d'étude se rapproche le plus d'un couvert roulé au C/N faible (inférieur à 30) sont ceux de Angers et Recous (1997) et Giacomini *et al.* (2007), mais ils étudient des résidus de 7 ou 19 mm maximum, alors qu'en roulant un couvert on obtient des résidus d'au moins 10 cm. Les quantités de minéraux restituées par les couverts roulés qui sont présentées dans la partie IV.D.1 sont donc biaisées. Ce biais est important car ces auteurs et d'autres, tels que Hefner *et al.* (2020), Coppens, Garnier, *et al.* (2006) ou Ambus et Jensen (1997), ont montré que la taille des résidus et leur gestion (enfouit ou non) impacte la minéralisation.

Enfin, la **méthode MERCI ne permet pas d'estimer les restitutions de minéraux pour un couvert qui serait broyé ou roulé plusieurs fois** dans la saison. Or cette pratique est assez fréquente chez les viticulteurs qui souhaitent garder leur sol couvert assez tard, et il aurait été intéressant de l'étudier. Pour cela, on pourrait appliquer la méthode MERCI juste avant le premier broyage, mais alors on surestimerait les restitutions apportées à la vigne car le couvert utilisera des minéraux pour sa deuxième pousse. Si l'on applique la méthode juste avant le deuxième broyage, on évite cette surestimation mais la durée de présence du couvert est faussée car le couvert n'a pas poussé d'une traite jusqu'au deuxième broyage, ce qui fausse la teneur en matière sèche, donc la teneur en azote et les restitutions.

2. Limites du formalisme STICS

Le formalisme STICS utilise trois compartiments dans la minéralisation de l'azote : les résidus du couvert, la biomasse microbienne et l'humus stable du sol. Cependant, dans ce formalisme, les caractéristiques chimiques de ces compartiments sont soit fixées soit dépendantes du C/N des résidus. Contrairement à la méthode MERCI, le pourcentage d'azote minéralisé au temps t ne dépend donc pas du type de sol, ni du climat, ni de la réserve utile, alors que ces caractéristiques influencent la minéralisation via la température du sol et le taux d'humidité.

Également, la paramétrisation de Justes *et al.* (2009) a été faite pour des résidus broyés à une taille de 1 mm et enfouis dans le sol : elle ne permet donc pas d'identifier de différences

de minéralisation entre des résidus broyés ou roulés ni entre des résidus laissés en surface et enfouis.

Toutefois, ce formalisme dépend du nombre de jours après la destruction du couvert et permet donc de calculer des pourcentages de minéralisation de l'azote sur plus d'une année. Cette minéralisation plus longue que celle évaluée par la méthode MERCI peut expliquer que les restitutions d'azote simulées par le formalisme STICS soient plus faibles que celles simulées par MERCI durant les 5 premiers mois.

3. Limites de l'équation de Vigil et Kissel

L'équation de Vigil et Kissel est simple d'utilisation car elle ne nécessite qu'une variable, le rapport C/N des résidus du couvert, pour calculer le pourcentage d'azote minéralisé. Cependant, cette équation dépend uniquement de ce rapport C/N : aucune variable ni aucun paramètre caractérisant le sol ou le climat n'interviennent. Cette équation ne dépend pas non plus de la taille des résidus ni de leur mode de gestion, qui pourtant modifient leur surface de contact avec le sol et donc la minéralisation. De plus, elle se base sur des expérimentations d'une durée moyenne de 144 jours, les plus longues ayant duré 11 semaines. Elle ne permet donc pas d'avoir une vision pluriannuelle de la minéralisation de l'azote.

J. Un suivi des performances à faire par la méthode MERCI et le formalisme STICS

L'évaluation des performances techniques (production de biomasse, azote stocké, restitutions de minéraux, efficacité d'utilisation de l'eau...) gagnerait à être poursuivie les prochaines années sur les mêmes couverts végétaux pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus pour la saison 2020-2021. Pour continuer cette évaluation des performances techniques les prochaines saisons, il serait intéressant de garder la **méthode MERCI et le formalisme STICS**, car :

- La méthode MERCI est un moyen simple et peu coûteux d'évaluer la production de biomasse sèche et le rapport C/N, et car elle fournit des informations supplémentaires par rapport au formalisme STICS (restitutions de P₂O₅, K₂O, stockage de carbone et de MO...);
- Le formalisme STICS permet d'avoir une vision des restitutions d'azote au-delà de 6 mois après la destruction, contrairement à la méthode MERCI, puisque la minéralisation de l'azote des 27 couverts étudiés s'étale sur environ 1.5 ans d'après le formalisme STICS, tandis qu'elle est terminée au bout du 5^{ème} mois d'après la méthode MERCI.

VI. Conclusion

Dans la Drôme, les vignes en agriculture biologique présentent souvent des couverts végétaux semés dans leurs inter-rangs. Ces couverts répondent à plusieurs objectifs qui n'en font pas forcément des engrais verts : d'après les entretiens semi-directifs, les viticulteurs cherchent surtout à augmenter l'activité biologique sur leur parcelle et à améliorer la qualité physique des sols. La mise en place et l'entretien des couverts végétaux semés nécessitent du matériel et quelques investissements, mais surtout des compétences que les viticulteurs n'ont pas toujours quand ils ont l'habitude de désherber mécaniquement leurs vignes.

Le semis du couvert est l'une des opérations délicates qui conditionnent la production de biomasse et le potentiel de restitution de minéraux au sol après la destruction du couvert. Par exemple, **un semis de couvert végétal mi-septembre permet d'obtenir des quantités d'azote stockées et restituées supérieures à un semis de couvert début octobre ou début novembre**. La méthode d'entretien et la date de destruction sont également déterminantes pour tirer tous les avantages des couverts et limiter leur concurrence avec la vigne. Par exemple, **un entretien uniquement par roulage permet d'obtenir plus de magnésium potentiellement restitué qu'un entretien combinant broyage et roulage**. De plus, la gestion des couverts est à adapter selon l'objectif recherché et le climat : **pour un objectif d'engrais vert donc de restitutions de minéraux à la vigne, une destruction avant fin avril est inutile** car la pluviométrie est faible avant cette période et la minéralisation sera lente.

Pour faciliter l'accompagnement technique des viticulteurs sur cette pratique, une typologie des objectifs et des pratiques de gestion des couverts a permis de distinguer 4 groupes de parcelles. Le **groupe 1** est formé de parcelles du Nord Drôme appartenant au même viticulteur, où les couverts sont entretenus par de nombreux passages de rouleau, effectués tard dans la saison car non contraints par la ressource en eau. Les parcelles de ce groupe se caractérisent par une somme de degrés-jours supérieure à celle des groupes 3 et 4. Le **groupe 2** est formé de parcelles du Diois où les couverts sont composés d'une graminée et d'une légumineuse et sont semés directement et entretenus légèrement par broyage ou roulage. Les couverts de ce groupe ont un rapport C/N total inférieur à celui des groupes 3 et 4. Le **groupe 3** est formé de parcelles gérées peu intensément, aux couverts assez diversifiés, avec une dominance de légumineuse et graminées. Le **groupe 4** est formé de parcelles fertilisées par des engrais, aux couverts composés d'un nombre élevé d'espèces et qui sont broyés puis détruits par un travail du sol. Il se caractérise par un cumul de pluie inférieur à celui des autres groupes. **Les viticulteurs possédant les parcelles de ce groupe semblent détruire leur couvert assez tôt dans la saison pour limiter le risque de concurrence hydrique.**

Plusieurs viticulteurs rencontrés lors de cette étude estiment que la mise en place des couverts végétaux nécessite une implication et un intérêt forts pour les expérimentations, les tests et l'amélioration continue de leurs pratiques. Selon eux, les couverts entraînent un certain coût, qui peut être pallié par l'auto-construction, l'achat de matériel en collectif ou le prêt, et par la combinaison d'outils pour éviter des passages. Finalement, beaucoup trouvent que cette implication en vaut la peine par rapport aux services rendus.

Le suivi de l'itinéraire technique et la répétition, sur les prochaines années, de l'évaluation des performances des couverts à l'aide de la méthode MERCI et du formalisme STICS, permettraient de suivre l'évolution de ces couverts. Toutefois, l'identification d'objectifs plus ciblés est nécessaire pour conseiller des pratiques améliorant les performances techniques. De plus, il faut garder à l'esprit que l'objectif d'engrais vert n'est pas le plus important et que le couvert peut être performant à d'autres niveaux, tels que l'amélioration de la qualité physique du sol.

VII. Références bibliographiques

- Abad J., Hermoso de Mendoza I., Marín D., Orcaray L., et Santesteban L.G. 2021a. Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. *OENO One*, 55(1). DOI : 10.20870/oeno-one.2021.55.1.3599
- Abad J., Hermoso de Mendoza I., Marín D., Orcaray L., et Santesteban L.G. 2021b. Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance. *OENO One*, 55(2). DOI : 10.20870/oeno-one.2021.55.2.4481
- Agreste. 2020. *Statistique agricole annuelle 2018-2019 - Données provisoires (2)*. Agreste, 64 p.
- Agribiodrôme. [s d]. *Qui sommes-nous ? Agribiodrôme*, Disponible sur : <https://agribiodrome.fr/qui-sommes-nous/> (Consulté le 21 avril 2021).
- Alonso-Ayuso M., Gabriel J.L., Hontoria C., Ibáñez M.Á., et Quemada M. 2020. The cover crop termination choice to designing sustainable cropping systems. *European Journal of Agronomy*, 114. DOI : 10.1016/j.eja.2020.126000
- Ambus P. et Jensen E.S. 1997. Nitrogen mineralization and denitrification as influenced by crop residue particle size. *Plant and Soil*, 197, p. 261-270.
- Angers D.A. et Recous S. 1997. Decomposition of wheat straw and rye residues as affected by particle size. *Plant and Soil*, 189(2). DOI : 10.1023/A:1004207219678
- Biddoccu M., Guzmán G., Capello G., Thielke T., Strauss P., Winter S., Zaller J.G., Nicolai A., Cluzeau D., Popescu D., Bunea C., Hoble A., Cavallo E., et Gómez J.A. 2020. Evaluation of soil erosion risk and identification of soil cover and management factor (C) for RUSLE in European vineyards with different soil management. *International Soil and Water Conservation Research*, 8(4). DOI : 10.1016/j.iswcr.2020.07.003
- Blanco-Canqui H., Shaver T.M., Lindquist J.L., Shapiro C.A., Elmore R.W., Francis C.A., et Hergert G.W. 2015. Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils. *Agronomy Journal*, 107(6). DOI : 10.2134/agronj15.0086
- Borsato E., Zucchini M., D'Ammaro D., Giubilato E., Zabeo A., Criscione P., Pizzol L., Cohen Y., Tarolli P., Lamastra L., et Marinello F. 2020. Use of multiple indicators to compare sustainability performance of organic vs conventional vineyard management. *Science of The Total Environment*, 711. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2019.135081
- Buesa I., Mirás-Avalos J.M., De Paz J.M., Visconti F., Sanz F., Yeves A., Guerra D., et Intrigliolo D.S. 2021. Soil management in semi-arid vineyards: Combined effects of organic mulching and no-tillage under different water regimes. *European Journal of Agronomy*, 123. DOI : 10.1016/j.eja.2020.126198
- Canali S., Campanelli G., Ciaccia C., Leteo F., Testani E., et Montemurro F. 2013. Conservation tillage strategy based on the roller crimper technology for weed control in Mediterranean vegetable organic cropping systems. *European Journal of Agronomy*, 50. DOI : 10.1016/j.eja.2013.05.001
- Chambre d'agriculture de la Charente Maritime (réalisateur). 2018. *Tout savoir sur les engrais verts en viticulture*. - YouTube. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=jpaM0FbuzH4> (Consulté le 17 mars 2021).
- Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine. 2020. *Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires*. Dans : *MERCI : méthode d'estimation des restitutions par les cultures intermédiaires* [En ligne]. Disponible sur : <https://methode-merci.fr/> (Consulté le 18 mars 2021).

- Champagnol F. 1984. *Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. F.Champagnol. Prades-le-Lez : , 351 p.
- CNIV. 2019. *Chiffres clés*. Dans : CNIV [En ligne]. Disponible sur : <https://www.intervin.fr/etudes-et-economie-de-la-filiere/chiffres-cles> (Consulté le 7 avril 2021).
- Code rural et de la pêche maritime. 2017. *Article D645-5*. Disponible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000035534199/ (Consulté le 26 avril 2021).
- Coll P., Le Cadre E., Blanchart E., Hinsinger P., et Villenave C. 2011. Organic viticulture and soil quality: A long-term study in Southern France. *Applied Soil Ecology*, DOI : 10.1016/j.apsoil.2011.07.013
- Coppens F., Garnier P., De Gryze S., Merckx R., et Recous S. 2006. Soil moisture, carbon and nitrogen dynamics following incorporation and surface application of labelled crop residues in soil columns. *European Journal of Soil Science*, 57(6). DOI : 10.1111/j.1365-2389.2006.00783.x
- Coppens F., Merckx R., et Recous S. 2006. Impact of crop residue location on carbon and nitrogen distribution in soil and in water-stable aggregates: Residue location, and C and N transfers to soil. *European Journal of Soil Science*, 57(4). DOI : 10.1111/j.1365-2389.2006.00825.x
- Cournet S., Cugniet C., Delpech L., Malblanc S., Koch L., Pradié C., Marguerie M., et Casagrande M. 2018. *Couvert d'interculture avant culture de printemps*. ITAB - Agribio 04, 3 p.
- Delpuech X. et Metay A. 2018. Adapting cover crop soil coverage to soil depth to limit competition for water in a Mediterranean vineyard. *European Journal of Agronomy*, 97. DOI : 10.1016/j.eja.2018.04.013
- Diaconu A., Țenu I., Roșca R., et Cârlescu P. 2017. Researches regarding the reduction of pesticide soil pollution in vineyards. *Process Safety and Environmental Protection*, 108. DOI : 10.1016/j.psep.2016.09.016
- Dubreil N. 2021a. Les Couverts Végétaux - Mise en place de la pratique en conditions méditerranéennes - Partie 4. *CIVAM Bio 66*, , p. 93.
- Dubreil N. 2021b. Les Couverts Végétaux - Mise en place de la pratique en conditions méditerranéennes - Parties 1 à 3. *CIVAM Bio 66*, , p. 67.
- Fernández-Mena H., Frey H., Celette F., Garcia L., Barkaoui K., Hossard L., Naulleau A., Métral R., Gary C., et Metay A. 2021. 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*, 123. DOI : 10.1016/j.eja.2020.126191
- FNAB. 2021. *La filière viticulture bio. Produire Bio*, Disponible sur : <https://www.produire-bio.fr/filiere-viticulture-bio/> (Consulté le 7 avril 2021).
- France Vin Bio. 2020. » *Les actions de lobbying*. Disponible sur : <https://www.francevinbio.com/realisations/les-actions-de-lobbying/> (Consulté le 8 avril 2021).
- Frey H. 2016. *Analyse des pratiques d'enherbement des viticulteurs et formalisation des règles de décision utilisées pour le pilotage*. (Mémoire de fin d'études, diplôme d'ingénieur agronome, option Production Végétale Durable). Montpellier SupAgro, 83 p.
- Garcia L., Celette F., Gary C., Metral R., et Metay A. 2020. Usage des couverts végétaux semés ou spontanés comme cultures de services dans les vignobles. (177), p. 4.

- Garcia L., Celette F., Gary C., Ripoche A., Valdés-Gómez H., et Metay A. 2018. Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards_ A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (251), p. 13.
- Ghesquiere J. et Cadillon A. 2012. Choisir et réussir son couvert végétal pendant l'interculture en AB. *ITAB*, , p. 15.
- Giacomini S.J., Recous S., Mary B., et Aita C. 2007. Simulating the effects of N availability, straw particle size and location in soil on C and N mineralization. *Plant and Soil*, 301(1-2). DOI : 10.1007/s11104-007-9448-5
- Guilpart N., Roux S., Gary C., et Metay A. 2017. The trade-off between grape yield and grapevine susceptibility to powdery mildew and grey mould depends on inter-annual variations in water stress. *Agricultural and Forest Meteorology*, 234-235. DOI : 10.1016/j.agrformet.2016.12.023
- Hefner M., Gebremikael M.T., Canali S., Sans Serra F.X., Petersen K.K., Sorensen J.N., De Neve S., Labouriau R., et Kristensen H.L. 2020. Cover crop composition mediates the constraints and benefits of roller-crimping and incorporation in organic white cabbage production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 296. DOI : 10.1016/j.agee.2020.106908
- INSEE. 2019. *Évolution de la population active – Emploi, chômage, revenus du travail*. Dans : *INSEE - Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques* [En ligne]. Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4501603?sommaire=4504425> (Consulté le 7 avril 2021).
- Institut Français de la Vigne et du Vin. [s d]. *Engrais verts en viticulture*. Disponible sur : <https://www.vignevin.com/publications/fiches-pratiques/engrais-verts-en-viticulture/> (Consulté le 17 août 2021a).
- Institut Français de la Vigne et du Vin. [s d]. *L'azote en viticulture*. Disponible sur : <https://www.vignevin.com/publications/fiches-pratiques/lazote-en-viticulture/> (Consulté le 17 août 2021b).
- Jarecki M.K., Parkin T.B., Chan A.S.K., Kaspar T.C., Moorman T.B., Singer J.W., Kerr B.J., Hatfield J.L., et Jones R. 2009. Cover crop effects on nitrous oxide emission from a manure-treated Mollisol. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134(1-2). DOI : 10.1016/j.agee.2009.05.008
- Justes E., éd. 2017. *Cover Crops for Sustainable Farming*. Dordrecht : Springer Netherlands Disponible sur : <http://link.springer.com/10.1007/978-94-024-0986-4> (Consulté le 22 avril 2021).
- Justes E., Mary B., et Nicolardot B. 2009. Quantifying and modelling C and N mineralization kinetics of catch crop residues in soil: parameterization of the residue decomposition module of STICS model for mature and non mature residues. *Plant and Soil*, 325(1-2). DOI : 10.1007/s11104-009-9966-4
- Kornecki et Price. 2019. Management of High-Residue Cover Crops in a Conservation Tillage Organic Vegetable On-Farm Setting. *Agronomy*, 9(10). DOI : 10.3390/agronomy9100640
- Le Bissonnais Y. et Andrieux P. 2006a. Impact des modes d'entretien de la vigne sur le ruissellement, l'érosion et la structure des sols - Mécanismes et résultats expérimentaux. Dans : *Mondiaviti. Stratégie d'entretien des sols : contraintes techniques, économiques et environnementales - Conséquences environnementales des modes d'entretien du sol*. Bordeaux, France : p. 57-64.
- Le Bissonnais Y. et Andrieux P. 2006b. Impact des modes d'entretien de la vigne sur le ruissellement, l'érosion et la structure des sols - Mécanismes et résultats expérimentaux. Dans : *Mondiaviti*. Bordeaux, France : p. 12. Disponible sur : http://saturne.io.reseau-concept.net/saisie/upload/137029/Conf_29nov-2-2-inra.pdf (Consulté le 26 avril 2021).

- Maille E. 2017. Couverts et engrais verts en viticulture biologique. Quelle approche ? *Agrobio Périgord*, Les couverts végétaux en viticulture(3), p. 38.
- Metay A., Garcia L., et Gary C. 2018. Gestion durable de la flore adventice en culture pérenne : enjeux et stratégies en viticulture. Dans : *Gestion durable de la flore adventice des cultures*. Paris (France) : Editions Quae, p. 354.
- Minette S. 2020. Méthodes de calcul & Formalismes. *Chambre d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine*, , p. 39.
- Mondini C., Fornasier F., Sinicco T., Sivilotti P., Gaiotti F., et Mosetti D. 2018. Organic amendment effectively recovers soil functionality in degraded vineyards. *European Journal of Agronomy*, 101. DOI : 10.1016/j.eja.2018.10.002
- Nicolardot B., Recous S., et Mary B. 2001. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C:N ratio of the residues. , p. 21.
- Ovalle C., del Pozo A., Peoples M.B., et Lavín A. 2010. Estimating the contribution of nitrogen from legume cover crops to the nitrogen nutrition of grapevines using a 15N dilution technique. *Plant and Soil*, 334(1-2). DOI : 10.1007/s11104-010-0379-1
- Rousseau J., L'Helgoualch E., Molot B., Rieux J.-M., et Guerber M. 2003. La protection de la vigne en agriculture biologique. *ITAB*, , p. 4.
- Ruiz-Colmenero M., Bienes R., et Marques M.J. 2011. Soil and water conservation dilemmas associated with the use of green cover in steep vineyards. *Soil and Tillage Research*, 117. DOI : 10.1016/j.still.2011.10.004
- Thomas F. et Archambeaud M. 2016. *Les couverts végétaux gestion pratique de l'interculture*. Paris : Éditions France agricole Disponible sur : <http://res.banq.qc.ca/login?url=http://www.biblioaccess.com/31/Catalog/Product/1013790> (Consulté le 24 mars 2021).
- Valdés-Gómez H., Gary C., Cartolaro P., Lolas-Caneo M., et Calonnec A. 2011. Powdery mildew development is positively influenced by grapevine vegetative growth induced by different soil management strategies. *Crop Protection*, 30(9). DOI : 10.1016/j.cropro.2011.05.014
- Van Leeuwen C., Roby J.-P., et De Ressaiguier L. 2018. Soil-related terroir factors: a review. *OENO One*, 52(2). DOI : 10.20870/oenone.2018.52.2.2208
- Verdenal T., Dienes-Nagy Á., Spangenberg J.E., Zufferey V., Spring J.-L., Viret O., Marin-Carbonne J., et Van Leeuwen C. 2021. Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review. *OENO One*, 55(1). DOI : 10.20870/oenone.2021.55.1.3866
- Vigil M.F. et Kissel D.E. 1991. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residues. *Soil Science Society of America Journal*, 55(3), p. 757-761.
- Wery J., Marrou H., Affholder F., et Metay A. 2018. *Mémento d'Agronomie Systémique*. Document Enseignement, Montpellier SupAgro, 19 p.

Annexe 1 : Guide d'entretien

Nom, Prénom :

Structure ou domaine :

Commune :

Date de l'entretien :

Ce questionnaire cherche à formaliser les pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture drômoise. Il s'agit de comprendre les **objectifs** que poursuivent les viticulteurs en utilisant ces couverts, leurs différentes **stratégies** de gestion ainsi que les **contraintes** auxquelles ils font face. Les résultats permettront d'analyser les performances techniques et économiques de ces couverts végétaux et de rédiger une fiche méthodologique utile pour les viticulteurs souhaitant se lancer dans cette pratique.

Les questions liées à l'itinéraire technique se centrent sur le couvert végétal de 2019-2020 et sur celui de 2020-2021, mais nous cherchons également à connaître la réflexion suivie par le viticulteur dès la mise en place de ses couverts et les évolutions qu'il y a apportées.

La durée de cet entretien est d'environ 1h30. Il nécessite de la part du viticulteur d'avoir préparé les informations suivantes :

- **Date de semis, composition (% d'espèces et de variétés), densité de semis et dates de destruction du couvert végétal en 2019-2020 et en 2020-2021**
- **Quantité, dose NPK, composition et nature des engrais et amendements apportés en 2019-2020 et en 2020-2021 : étiquettes des produits, cahier de suivi...**
- **Suivi pluviométrique** si existant
- **Suivi des rendements** : cahier de suivi...

Les données individuelles nominatives seront utilisées uniquement en interne à Agribiodrôme et la fiche méthodologique diffusée sera anonyme. Nous vous remercions par avance pour le temps accordé à cet entretien et les informations fournies.

Stratégie globale de gestion des couverts végétaux sur l'exploitation

1. Quelle est votre stratégie globale de gestion des couverts végétaux et les objectifs de cette pratique sur votre exploitation ?

Lutte contre l'érosion, augmentation du taux de M.O. dans le sol, apport d'N, limiter la lixiviation des nitrates, limiter le développement des adventices, améliorer la portance du sol, décompacter le sol, améliorer la capacité de rétention en eau du sol...

2. Ces stratégies et objectifs diffèrent-ils selon les parcelles ? Si oui, en quoi ?

3. Ces stratégies et objectifs ont-ils évolué depuis le 1^{er} semis de couvert végétal ? Si oui, en quoi ?

4. Combien de stratégies différentes de gestion des couverts suivez-vous actuellement ?

4.1. *Echanges pour déterminer 2 ou 3 parcelles-types représentant ces différentes stratégies, et pour savoir où il souhaite qu'on évalue la restitution des éléments minéraux par la méthode MERCI.*

5. Toutes les parcelles ont-elles un couvert végétal semé ?

5.1. Si non, pourquoi ?

5.2. Quelle surface de l'exploitation dispose d'un couvert végétal semé (en ha ou en %) ?

Parcelle (identifiant parcelle)

Caractéristiques de la parcelle

6. Quelle est l'adresse de la parcelle ?

Rue/lieu-dit + code postal + commune, ou sinon prendre les coordonnées GPS

7. Quelle est la surface de la parcelle (en ha) ?

8. Quels sont les cépages plantés sur cette parcelle ?

9. Quelles sont les principales contraintes de cette parcelle ?

Pente, sol peu profond, sol tassé, sol séchant...

10. Quelle est la texture/le type de sol sur cette parcelle ?
11. Sur cette parcelle, avez-vous remarqué un effet du couvert sur le sol ? Si oui, lequel ?
Structure, porosité, capacité de rétention en eau, activité biologique, érosion...
12. Suivez-vous la pluviométrie sur cette parcelle ?
 - 12.1. Si oui, combien de mm tombent-ils par an en moyenne ?
 - 12.2. La pluviométrie varie-t-elle beaucoup d'une année à l'autre ?
Demander une fourchette de variation, les mm et l'année du minimum et du maximum
 - 12.3. Combien de mm avez-vous eu pendant la période du couvert en 2019-2020 ?
 - 12.4. Et cette année, pendant la période du couvert de 2020-2021 ?
13. Quand a eu lieu (ou va avoir lieu) le débourrement de la vigne sur cette parcelle ?
14. *Noter si le couvert est en fleur :*

Implantation du couvert végétal semé

15. Quelle était la date de semis du couvert sur cette parcelle en 2020 ?
Date précise et notamment si c'était avant, pendant ou après les vendanges
 - 15.1. Pourquoi avez-vous semé à cette date-là ?
Grosse ou petite (5 mm) pluie prévue, attente de la fin des vendanges, pas de main d'œuvre ou de temps disponibles avant...
 - 15.2. Quand a eu lieu la 1^{ère} pluie après le semis (mm) ?
 - 15.3. Quelle a été la quantité d'eau tombée alors ?
16. Quelle était la date de semis du couvert sur cette parcelle en 2019 ?
 - 16.1. Si très différente de celle de 2020, pourquoi avez-vous semé à cette date-là ?
 - 16.2. Quand a eu lieu la 1^{ère} pluie après le semis (mm) ?
 - 16.3. Quelle a été la quantité d'eau tombée alors ?
17. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, semez-vous toujours à la même période chaque année ? *Le viticulteur a-t-il profondément modifié sa stratégie de semis ?*
 - 17.1. Si non, pourquoi ?
18. Quelle est la composition du couvert de 2020-2021 (% de chaque espèce **et variété**) ?
19. Quel est la densité du semis par espèce et **par variété** en 2020-2021 (en kg/ha) ?
20. Pourquoi avoir choisi ces espèces, ces proportions et cette densité de semis ?
21. Quelle était la composition du couvert de 2019-2020 (% de chaque espèce **et variété**) ?
22. Quel était la densité du semis par espèce et **par variété** en 2019-2020 (en kg/ha) ?
23. Si différentes de celle de 2020-2021, pourquoi avoir choisi ces espèces, ces proportions et cette densité ?

24. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, comment la composition du couvert a-t-elle évolué ?

25. Sur les 5 dernières années, comment la densité de semis du couvert sur cette parcelle a-t-elle évoluée ?

26. Combien d'inter-rangs sont semés en 2020-2021 ?

1/2, 2/3, 2/3, tous

26.1. Pourquoi avoir choisi cette configuration ?

27. Combien d'inter-rangs étaient semés en 2019-2020 ?

1/2, 2/3, 2/3, tous

27.1. Si différent de 2020-2021, pourquoi ?

28. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, avez-vous changé de configuration ?

28.1. Si oui, pourquoi ?

29. Faites-vous une rotation des inter-rangs semés ?

29.1. Si oui, à quelle fréquence ?

29.2. Pourquoi ?

30. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, avez-vous toujours pratiqué cette rotation ?

30.1. Si non, pourquoi ?

30.2. Que faisiez-vous avant ?

Pas de rotation d'inter-rangs, passage d'une rotation 1 an sur 3 à une rotation 1 an sur 2...

Fertilisation et apports de matière organique

31. Pour la saison 2020-2021, restituez-vous au sol les résidus de taille ?

31.1. Si oui, les bois de taille seront-ils broyés sur le rang semé, en même temps que le couvert, ou plutôt broyés sur le rang non semé avant la 1^{ère} destruction du couvert ?

31.2. Pourquoi ?

32. En 2019-2020, avez-vous restitué au sol les résidus de taille ?

32.1. Si oui, les bois de taille ont-ils été broyés sur le rang semé, en même temps que le couvert, ou plutôt broyés sur le rang non semé avant la 1^{ère} destruction du couvert ?

32.2. Si différent de 2020-2021, pourquoi ?

33. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, avez-vous toujours géré de la même manière les résidus de taille ?

33.1. Si non, pourquoi ?

34. Pour 2020-2021, le couvert végétal se substitue-t-il à une fertilisation ?

34.1. Si non, avez-vous (ou allez-vous) apporté de l'engrais sur cette parcelle ?

34.1.1. Si oui, quel type d'engrais apportez-vous ?

Minéral ou organique, nom du produit

34.1.2. Quel est son dosage NPK ?

34.1.3. Quelle quantité apportez-vous (en t/ha) ?

34.1.4. Quand l'apportez-vous ?

35. En 2020-2021, avez-vous (ou allez-vous) apporté un amendement sur cette parcelle ?

35.1. Si oui, quelle est sa nature ?

Fumier (bovin, équin, ovin...), compost (de fumier ou de déchets verts...), BRF... .

35.2. Connaissez-vous son dosage NPK ?

35.3. Si composté par vous-même, pendant combien de temps a-t-il été composté et combien de fois a-t-il été retourné ?

35.4. Quelle quantité apportez-vous (en t/ha) ?

35.5. Quand l'apportez-vous ?

36. En 2019-2020, le couvert végétal se substituait-il à une fertilisation ?

36.1. Si non, avez-vous apporté de l'engrais sur cette parcelle ?

36.1.1. Si oui et si différent de 2020-2021, quel type d'engrais avez-vous apporté ?

Minéral ou organique, nom du produit

36.1.2. Quel était son dosage NPK ?

36.1.3. Quelle quantité avez-vous apporté (en t/ha) ?

36.1.4. Quand l'avez-vous apporté ?

37. En 2019-2020, avez-vous apporté un amendement sur cette parcelle ?

37.1. Si oui et si différent de 2020-2021, quelle était sa nature ?

Fumier (bovin, équin, ovin...), compost (de fumier, de déchets verts...), BRF...

37.2. Connaissez-vous son dosage NPK ?

37.3. Si composté par vous-même, pendant combien de temps avait-t-il été composté et combien de fois avait-t-il été retourné ?

37.4. Quelle quantité avez-vous apporté (t/ha) ?

37.5. Quand l'avez-vous apporté ?

38. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, avez-vous toujours géré la fertilisation de la même manière ?

38.1. Si non, pourquoi ?

Entretien et destruction du couvert

Bien différencier la tonte/broyage ou le roulage de début de saison pour « entretenir » le couvert, et la VRAIE destruction qui arrive plutôt en milieu voire fin de saison pour préparer le sol au prochain semis.

39. Comment entretenez-vous le couvert : est-il broyé et/ou roulé ?

- 39.1. Pourquoi utilisez-vous cette méthode ?
40. Quelle est la date approximative prévue pour le 1^{er} broyage ou 1^{er} roulage du couvert cette année ?
- 40.1. Pourquoi cette date-là ?
41. A quelle date avez-vous fait votre 1^{er} broyage ou roulage l'an dernier ?
- 41.1. Si période très différente de celle prévue en 2021, pourquoi ?
42. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, avez-vous toujours fait votre 1^{er} passage à la même période ?
- 42.1. Si non, pourquoi ?
43. Combien de broyages ou roulages avez-vous fait en 2020 avant la destruction complète du couvert ?
44. Quel est l'élément qui déclenche un nouveau passage ?
Niveau de repousse du couvert, risque gel, stade phénologique de la vigne...
45. Envisagez-vous un entretien du couvert similaire cette année (c'est-à-dire un nombre de passage plus ou moins identique) ?
- 45.1. Si non, pourquoi ?
46. Comment détruisez-vous le couvert cette année et quand ?
Roulage, gel, broyage, labour, travail du sol (déchaumages), fauchage, pâturage...
47. Pourquoi utiliser cette méthode de destruction ?
48. Pourquoi détruire à cette période après tant de passages d'entretien du couvert ?
49. Cette méthode de destruction enfouit-elle le couvert dans le sol ?
50. Comment et quand avez-vous détruit le couvert en 2020 ?
Roulage, gel, broyage, labour, travail du sol (déchaumages), fauchage, pâturage...
- 50.1. Si différent de 2021, pourquoi ?
51. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, entretenez-vous et détruisez-vous le couvert de la même façon ?
- 51.1. Si non, quelles ont été les principales évolutions ?
52. Etes-vous satisfait de votre couvert sur cette parcelle cette année ? Pourquoi ?
53. Etiez-vous satisfait de votre couvert sur cette parcelle l'an dernier ? Pourquoi ?
54. Quelles modifications envisagez-vous ? Notamment suite à la **formation sur les CV du 19/01 et 05/03** si vous y avez participé : est-ce que ça vous a fait changer de stratégie ?
- Inter-rangs sans couvert végétal semé***
55. Cette année en 2020-2021, les inter-rangs sans couvert végétal semé sont-ils enherbés naturellement sur cette parcelle ?
- 55.1. Si oui, sont-ce des repousses du couvert des années précédentes (car il y a une rotation des inter-rangs semés) ?

55.2. Pourquoi les laisser enherbés plutôt que de les travailler ?

55.3. Comment sont-ils gérés ?

Tonte, broyage, pâturage, fauchage...

55.4. Avec quel matériel ?

55.5. A quelles dates ?

55.6. A quelle fréquence ?

56. Cette année en 2020-2021, les inter-rangs sans couvert végétal semé sont-ils travaillés sur cette parcelle ?

56.1. Si oui, pourquoi les travailler plutôt que de les laisser enherbés naturellement ?

56.2. Avec quel outil les travaillez-vous ?

56.3. A quelles dates ?

56.4. A quelle fréquence ?

57. En 2019-2020, gériez-vous les inter-rangs sans couvert végétal semé de la même manière ?

57.1. Si non, qu'est-ce qui a changé ?

58. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, avez-vous toujours géré les inter-rangs sans couvert végétal semé de la même manière ?

58.1. Si non, qu'est-ce qui a changé ?

Rang

59. Actuellement, le rang est-il enherbé naturellement ou travaillé ? Pourquoi ?

60. Était-ce la même chose en 2019-2020 ? Si non, pourquoi ?

61. Depuis que cette parcelle a un couvert végétal semé, le rang a-t-il toujours été géré de cette manière (enherbé ou travaillé) ? Si non, pourquoi ?

Rendement

62. Quel est le rendement moyen de cette parcelle (en hl/ha) ?

63. Quel était le quota autorisé pour votre appellation en 2020 (en hl/ha) ?

64. Quel était le rendement de 2020 (hl/ha) ?

Autour du quota, en-dessous, au-dessus

65. Si en-dessous du quota, pourquoi ?

Maladie, ravageur, lesquels

66. Quelle est la tendance d'évolution du quota prévue pour cette année ?

Diminution, augmentation, stagnation

67. Quel est l'objectif de rendement pour cette année ?

Autour du quota, en-dessous, au-dessus

68. Avez-vous remarqué un effet du couvert sur le rendement de cette parcelle ? Si oui, lequel ?

69. Et sur la qualité du raisin ?

Notamment pour ceux qui vinifient : plus ou moins d'N dans les moûts ? Meilleure acidité ? pH plus équilibré... ? Demander quelques notions plus liées à l'œnologie ?

70. Echanges sur une possible expérimentation en septembre et l'an prochain, pour évaluer l'impact des couverts sur le rendement :

70.1. Y a-t-il un rang témoin sans couvert végétal ? Le vigneron serait-il **prêt à en faire un pour l'année prochaine** ? Ce serait intéressant d'y faire des fosses pédologiques et éventuellement des analyses aussi.

70.2. Pourrons-nous venir faire des **mesures de rendement sur cette parcelle** ? Poids par pied (kg), nombre de grappes moyen par pieds, poids moyen de la grappe (g), poids de 100 baies (g)

70.3. Quelle était la date de vendange de cette parcelle en 2020 ?

70.4. Quelle était la date moyenne de vendange de cette parcelle sur les 3 dernières années (2019-2018-2017) ?

Matériel

Objectif : comprendre le fonctionnement des outils et quels ont été les investissements spécifiques liés aux couverts végétaux.

71. Quel est le matériel que vous avez investi spécifiquement pour la pratique des couverts végétaux en inter-rangs ?

72. Aller voir le matériel utilisé pour le couvert végétal + prendre des photos

73. De quel matériel disposez-vous **précisément** pour semer ?

73.1. Quels sont la marque et le modèle du semoir ?

73.2. Quel est le type du semoir ?

Epandeur centrifuge pour semis à la volée, semoir pneumatique, semoir mécanique, semoir à dents, semoir à disques, semoir vibro-répartiteur (ex : Culti-bio modifié, combiné de semis (herse + semoir), semoir direct (avec disques ouvreurs)...

73.3. Comporte-t-il plusieurs trémies ?

73.4. Quelle est la largeur du semoir (en m) ?

73.5. A-t-il un rouleau pour rappuyer ?

73.6. Ce matériel est-il individuel ou collectif ?

73.7. Ce matériel est-il auto-construit ?

74. De quel matériel disposez-vous **précisément** pour entretenir et détruire le couvert ?

Broyeur à marteaux, rotavator, roto-bêche, gyrobroyeur, broyeur à fléaux, broyeur combiné à un intercep, rouleau, disques, charrue, déchaumeur à disques, déchaumeur à dents, faucheuse, aucun car gel...

74.1. Si vous utilisez un rouleau, quels sont la marque et le modèle du rouleau ?

74.2. Quel est le type du rouleau ?

Rolofaca, rouleau hacheur, rouleau écraseur, Roll N Sem...

74.3. Ce matériel est-il individuel ou collectif ?

74.4. Ce matériel est-il auto-construit ?

75. Est-ce le même matériel utilisé depuis la mise en place des couverts ?

75.1. Si non, qu'est-ce qui a changé ?

Notamment la largeur du semoir

76. Est-ce le même matériel utilisé pour toutes les parcelles ?

76.1. Si non, certaines parcelles nécessitent-elles du matériel spécifique ?

76.2. Pourquoi ?

77. Etes-vous satisfait de ce matériel ?

78. Est-il adapté à vos types de sol ?

79. Qu'est-ce que vous aimeriez améliorer sur ce matériel ?

Coût et temps de travail

80. Quels coûts supplémentaires le couvert engendre-t-il ?

Liste des postes de charges engendrées par le couvert : carburants, matériels, semences, main d'œuvre...

81. Quel est le coût d'achat de votre matériel spécifique à la gestion des couverts (en €) ?

82. Sur combien d'années l'amortissez-vous ?

83. Si vous n'achetez pas vos semences par le biais d'Agribiodrôme, combien d'argent dépensez-vous au total pour l'achat des semences du couvert chaque année (en €/ha/an) ?

Si acheté par le biais d'Agribiodrôme, on a les données des prix des semences.

83.1. Pouvez-vous détailler le prix d'achat des semences pour chacune des variétés de 2020-2021 (en €/kg) ?

84. Si composition du couvert différente en 2019-2020, quel était le prix d'achat des semences pour chacune des variétés de 2019-2020 (en €/kg) ?

85. Quel est le temps dédié à la préparation du mélange de semences pour l'ensemble du parcellaire (en h ou en h/ha) ?

Notamment si c'est fait à la bétonnière ou autre mélangeur artisanal

86. Pour le semis des couverts pour l'ensemble du parcellaire : quel est le temps dédié (en j ou en h/ha) ?

86.1. Quelle est la vitesse de semis (en km/h) ?

86.2. Quelle est la consommation de carburant (en L, en L/h ou en L/ha) ?

87. Pour l'entretien des couverts sur l'ensemble du parcellaire par broyage : quel est le temps dédié (en j ou en h/ha) ?

87.1. Quelle est la vitesse de broyage (en km/h) ?

87.2. Quelle est la consommation de carburant (en L, en L/h ou en L/ha) ?

88. Pour l'entretien des couverts sur l'ensemble du parcellaire par roulage : quel est le temps dédié (en j ou en h/ha) ?

88.1. Quelle est la vitesse de roulage (en km/h) ?
88.2. Quelle est la consommation de carburant (en L, en L/h ou en L/ha) ?
89. Pour la destruction finale des couverts sur l'ensemble du parcellaire : quel est le temps dédié (en j ou en h/ha) ?
89.1. Quelle est la vitesse de travail (en km/h) ?
89.2. Quelle est la consommation de carburant (en L, en L/h ou en L/ha) ?
90. Dédiez-vous le même temps de travail à la gestion du couvert et à ces différentes opérations chaque année ?
90.1. Si non, qu'est-ce qui change ?
90.2. Pourquoi ?
91. Dédiez-vous le même temps de travail à la gestion du couvert et à ces différentes opérations pour chaque parcelle ?
91.1. Si non, pourquoi ?
92. Avez-vous satisfait de votre gestion du temps de travail dédié au couvert végétal sur cette parcelle ?

Annexe 2 : Description des classes

Tableau 7 : Description des classes créées pour les variables quantitatives et les dates. La valeur de gauche n'est pas comprise dans la classe (sauf pour les 1ères classes) et la valeur de droite est comprise dans la classe. Les valeurs entre parenthèses en italique correspondent au nombre de parcelles dans la classe, sachant que certaines variables n'ont pas été renseignées.

	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé	
Nb espèces 2020	0-1 (3)	1-2 (11)	2-5 (8)	5-11 (5)	
Nb espèces 2019	0-1 (2)	1-2 (9)	2-4 (8)	4-9 (6)	

	Très faible	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Indice monospécifique 2020			0.63-0.66 (4)	0.66-0.92 (3)	0.92-1 (20)
Indice monospécifique 2019		0-0.1 (1)	0.1-0.79 (4)	0.79-0.9 (3)	0.9-1 (13)

Proportion de :	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé	
crucifères 2020	0-0.001 (18)	0.001-0.04 (4)	0.04-0.08 (3)	0.08-0.19 (2)	
crucifères 2019	0-0.01 (16)	0.01-0.05 (4)	0.05-0.11 (2)	0.11-0.2 (1)	
légumineuses 2020	0-0.25 (7)	0.25-0.6 (8)	0.6-0.72 (5)	0.72-1 (7)	
légumineuses 2019	0-0.08 (4)	0.08-0.46 (7)	0.46-0.66 (5)	0.66-1 (5)	
graminées 2020	0-0.16 (6)	0.16-0.34 (6)	0.34-0.55 (8)	0.55-0.91 (7)	
graminées 2019	0-0.1 (3)	0.1-0.35 (6)	0.35-0.53 (6)	0.53-0.92 (6)	
autres 2020	0-0.01 (24)	0.01-0.02 (1)	0.02-0.04 (1)	0.04-0.07 (1)	
autres 2019	0-0.005 (19)	0.005-0.01 (1)	0.01-0.05 (1)	0.05-0.35 (2)	

	Très faible	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Densité totale (kg/ha en plein) 2020	41-83 (5)	83-125 (5)	125-179 (6)	179-240 (5)	240-315 (4)
Densité totale (kg/ha en plein) 2019	0-83 (5)	83-150 (6)		150-210 (5)	210-300 (5)

	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé	
Nb entretiens 2021	0-1 (7)	1-2 (11)	2-3 (9)		
Nb entretiens 2020	0-1 (10)	1-2 (4)	2-3 (8)	3-6 (5)	
Nb passages total 2021	1-2.5 (7)	2.5-3.5 (9)	3.5-4.5 (8)		
Nb passages total 2020	0-2.5 (5)	2.5-3.5 (8)	3.5-6 (11)		
Nb entretiens inter-rangs non semés	0-1 (4)	1-2 (7)	2-3.5 (7)	3.5-8 (6)	
Nb destruction 2021	0 à 0.5 (16)	1 à 1.5 (10)	4 (1)		
Nb destruction 2020	0 (21)	1 à 1.5 (5)	4 (1)		

	Très faible	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Indice NPK (kg/ha)	0-28 (4)	28-35 (5)	35-77 (6)	77-107.2 (5)	107.2-183 (5)

	Faible	Moyen	Elevé		
% parcelles semées	0.33-0.49 (7)	0.49-0.96 (6)	0.96-1 (13)		

	Très faible	Faible	Moyen	Elevé	
Surface parcelles semées (ha)		4-9.6 (9)	9.6-15 (8)	15-40 (9)	
Rendement moyen parcelle (hl/ha)	0-42.6 (6)	42.6-45 (10)	45-55 (4)	55-70 (6)	

	Tôt	Moyen	Tard		
Date de semis 2020	Mi à fin septembre (11)	Début à mi-octobre (15)	Début novembre (1)		
Date de semis 2019	Fin août et mi-septembre (4)	Fin septembre à mi-octobre (19)	Fin octobre à mi-novembre (2)		
Date 1 ^{er} entretien 2021	Fin mars et début avril (4)	Mi-avril à début mai (12)	Mi-mai et fin mai (9)		
Date 1 ^{er} entretien 2020	Mars et fin mars (6)	Mi-avril à début mai (14)	Mi-mai et fin mai (9)		
Date de destruction 2021	Mars (2)	Fin avril (1)	Mai (5)		
Date de destruction 2020	Mars (1)	Début avril (2)	Mai (2)		

Annexe 3 : Pratiques de gestion des couverts végétaux

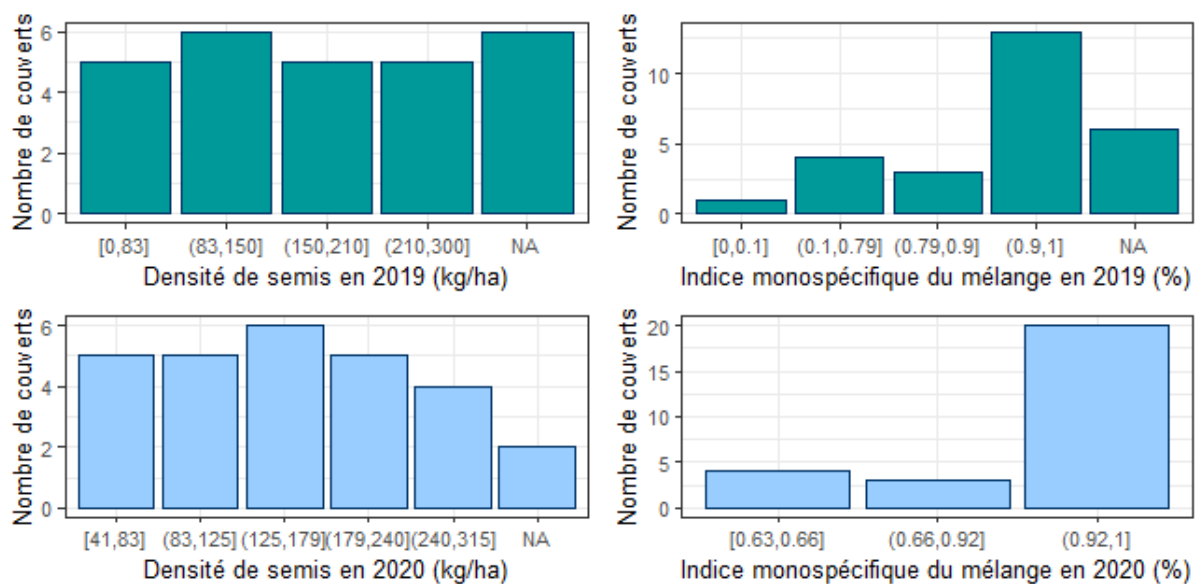


Figure 20 : Densité et diversité du semis en 2019 et en 2020. L'indice monospécifique correspond à la somme des proportions des 3 premières espèces en mélange. NA signifie que la donnée n'est pas renseignée pour ce couvert.

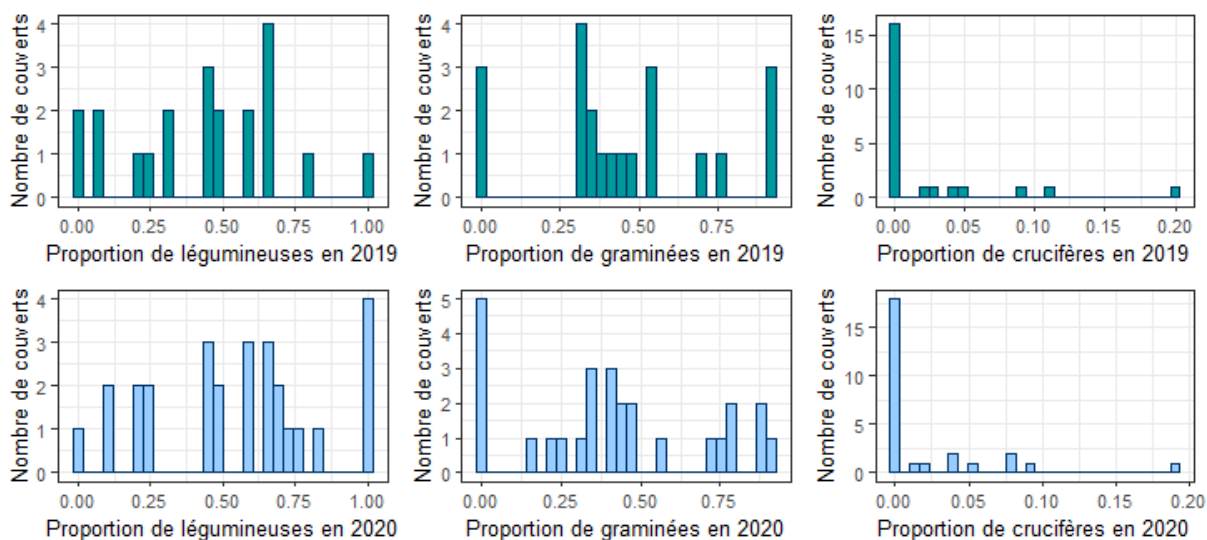


Figure 21 : Proportions de légumineuses, de graminées et de crucifères en mélange dans les semis de 2019 et 2020

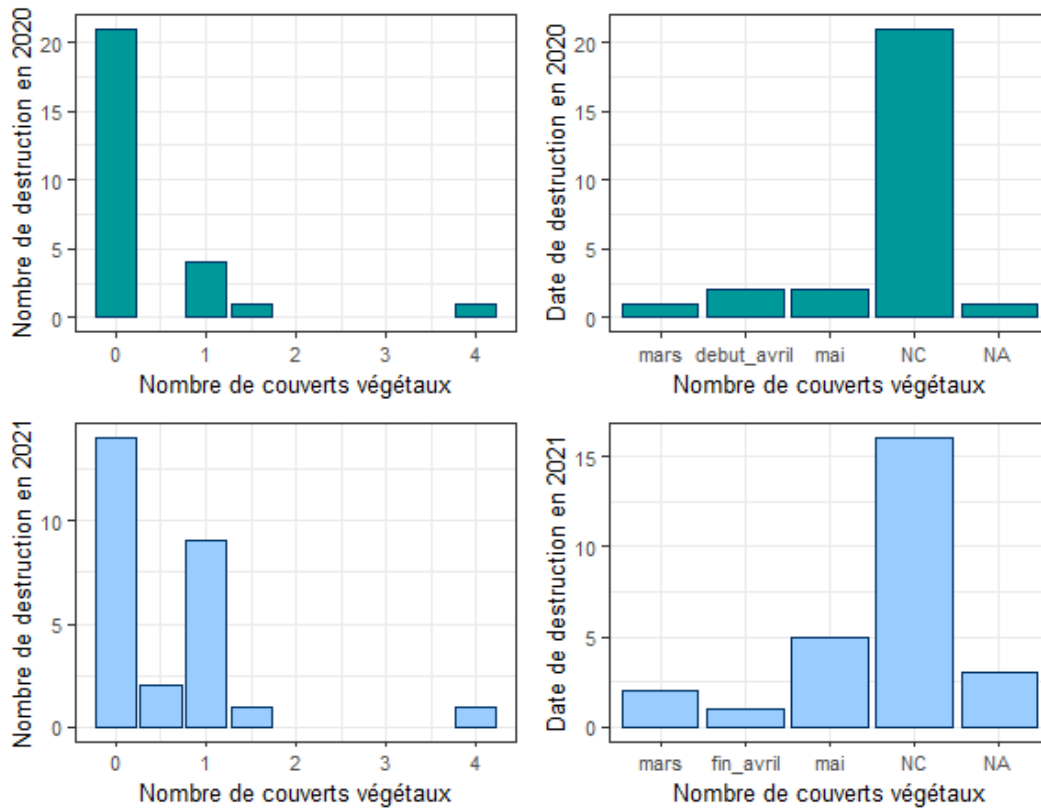


Figure 22 : Pratiques de destruction des couverts végétaux étudiés en 2020 et 2021. NC signifie que le couvert n'est pas concerné par cette pratique, et NA signifie que la donnée n'est pas renseignée.

Annexe 4 : Temps de travail liés aux couverts végétaux

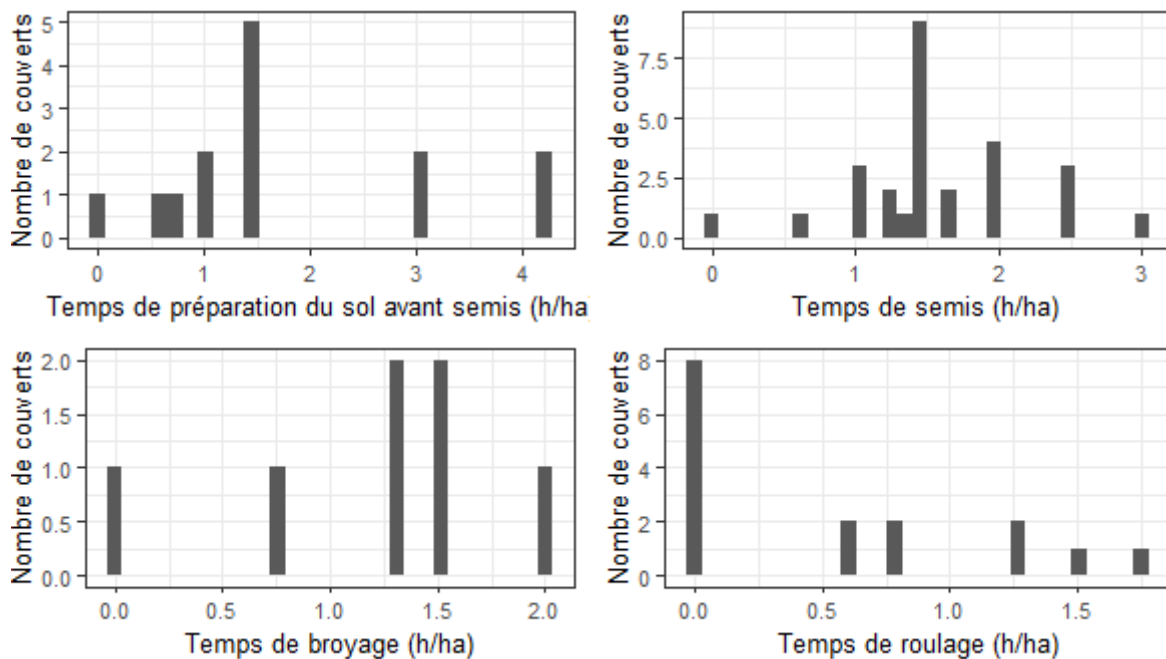


Figure 23 : Temps de travail pour les différentes opérations de gestion du couvert végétal pour la saison 2020-2021

Annexe 5 : Performances techniques des couverts végétaux

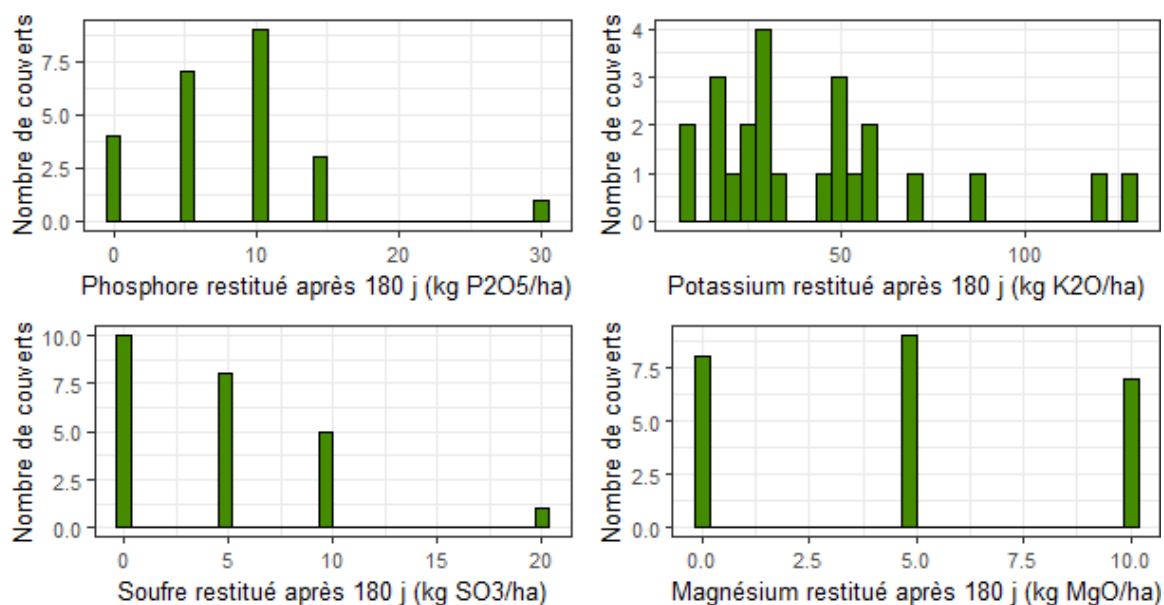


Figure 24 : Restitutions de minéraux par les couverts végétaux

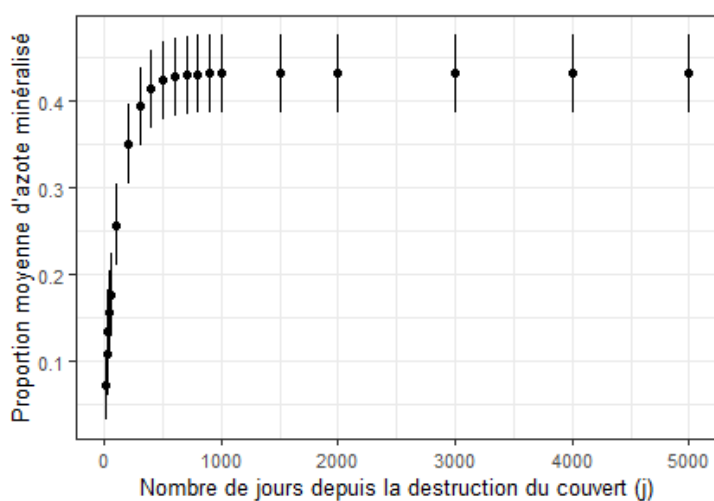


Figure 25 : Evolution de la proportion moyenne d'azote minéralisé en fonction du temps après la destruction du couvert, d'après le formalisme STICS. Les barres verticales symbolisent les écart-types.

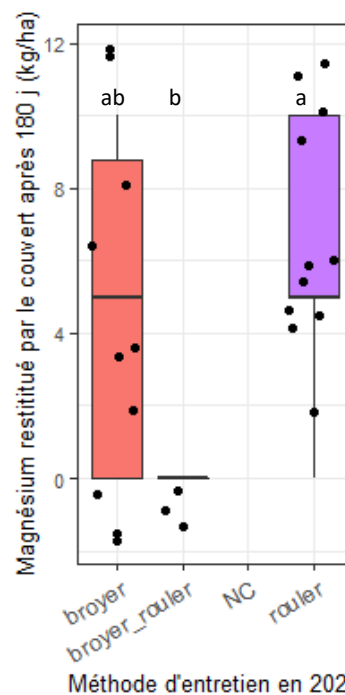


Figure 26 : Restitution potentielle de magnésium (MgO) par les couverts selon la méthode d'entretien. Les moyennes par groupe sont différentes si les lettres au-dessus des boxplots sont différentes.

Titre : Analyse des pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise.

Résumé : Les couverts végétaux sont très utilisés en viticulture, notamment en viticulture biologique, pour faire face à la diminution de la qualité des sols. Il existe de nombreuses façons de les gérer, ce qui impacte leurs performances et rend difficile l'adoption de cette pratique. Comment les pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise affectent-elles les performances et les coûts de ces couverts ? Des entretiens semi-directifs ont été menés auprès de 16 viticulteurs bio de la Drôme adhérents à Agribiodrôme. Les performances de production de biomasse et de restitution de minéraux ont été évaluées sur les couverts de 27 parcelles. Ces couverts sont principalement utilisés pour augmenter l'activité biologique et améliorer la qualité physique des sols. Ce sont majoritairement des mélanges de 3 espèces, semés sur 1 inter-rang sur 2, entretenus par un broyage ou un roulage et non enfouis. Le principal coût des couverts est le matériel, et l'opération la plus longue est le chantier de semis. Les parcelles étudiées peuvent être séparées en 4 groupes se différenciant par les pratiques de gestion du couvert. Peu de différences en termes de performances techniques ont été observées entre ces 4 groupes. Cependant, la méthode d'entretien influence la performance de restitution de magnésium : un couvert seulement roulé restitue potentiellement plus de magnésium qu'un couvert broyé puis roulé. La date de semis influence la performance de stockage d'azote dans le couvert ainsi que les restitutions potentielles d'azote : un semis mi-septembre permet d'optimiser ces performances par rapport à un semis début octobre ou début novembre. Il faudrait poursuivre cette évaluation des performances les prochaines années pour renforcer les résultats obtenus, sans oublier que la production de biomasse et les restitutions de minéraux par le couvert ne sont pas des objectifs recherchés par tous les viticulteurs.

Mots-clés : couverts végétaux, pratiques agricoles, restitutions de minéraux, viticulture biologique, coût et temps de travail

Pour citer ce document :

Gibaud, Mathilde, 2021. Analyse des pratiques de gestion des couverts végétaux semés en viticulture biologique drômoise. Mémoire de fin d'études, diplôme d'Ingénieure Agronome, option Production Végétale Durable, l'institut Agro | Montpellier SupAgro. 69 p.

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