



**HAL**  
open science

# Impact de différentes modalités de non travail du sol sur le développement végétatif et fructifère de la vigne

Lucie Laville

## ► To cite this version:

Lucie Laville. Impact de différentes modalités de non travail du sol sur le développement végétatif et fructifère de la vigne. Agronomie. 2020. dumas-03254163

**HAL Id: dumas-03254163**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03254163>**

Submitted on 8 Jun 2021

**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.

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
Présenté pour l'obtention du  
**DIPLOME D'INGENIEUR AGRONOME**

Impact de différentes modalités de non travail du sol sur le  
développement végétatif et fructifère de la vigne

Option : Viticulture-Œnologie



**Lucie LAVILLE**

**Année de soutenance : 2020**

**Organisme d'accueil :** Laboratoire Natoli & associés  
425 Avenue de Saint-Sauveur  
34 980 Saint-Clément-de-Rivière



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
Présenté pour l'obtention du  
**DIPLOME D'INGENIEUR AGRONOME**

Option : Viticulture-Œnologie

Impact de différentes modalités de non travail du sol sur le  
développement végétatif et fructifère de la vigne

**Présenté par Lucie LAVILLE**

**Mémoire préparé sous la direction de :**  
Raphaël METRAL

**Organisme d'accueil :**  
Laboratoire Natoli & associés  
425 Avenue de Saint-Sauveur  
34 980 Saint-Clément-de-Rivière

**Présenté le :** 3 Novembre 2020

**Maitre d'apprentissage :**  
Stéphanie PRABONNAUD

**Devant le jury :** Raphaël METRAL et Didier OLLE



---

# REMERCIEMENTS

En premier lieu, je souhaite remercier l'ensemble des associés du laboratoire Natoli & associés qui m'ont fait confiance en signant un contrat d'apprentissage sur trois ans. Ces années ont été très enrichissantes et m'ont permis d'allier connaissances théoriques et pratiques tout en m'intégrant peu à peu dans le monde professionnel. Je ne cesserais de venter l'intérêt de la formation en apprentissage, d'autant plus au sein de cette entreprise et de cette équipe.

Je remercie tout particulièrement Stéphanie Prabonnaud qui m'a accompagné en tant que maître d'apprentissage au cours de ces années. Un grand merci à Gwenaël Thomas, Caroline Lefebvre et à nouveau Stéphanie d'avoir partagé leurs connaissances et leurs expériences sur la viticulture dans son ensemble et sur le métier de conseiller. Je n'oublierai pas de remercier le reste de l'équipe viti : Marie Jalenques, Bertrand Milesi, Bruno Faria et Arnaud Iffat.

Merci à mes collègues de « bureau » : Caroline Lefebvre, Adeline Bauvard pour les discussions et les rires partagés autour de goûter improvisé, sans oublier Thibault Coursindel pour ses jeux de mots qui défient toute concurrence.

Merci à Bertrand Milesi que je n'ai cessé de déranger sur le fonctionnement des différents pressoirs, Arnaud Iffat pour sa patience et combien il en fallait face à mes nombreux appels à l'aide. Merci à Claire Menneteau qui a toujours pris un peu de son temps pour m'expliquer des process œnologiques ou l'utilisation de certains produits et leurs particularités. Merci à elle, à Erwan Guével ainsi qu'à tous ceux qui m'ont fait participer à des dégustations ou des réunions d'assemblage. Merci enfin, à tous ceux que je n'ai pas encore cités et qui font parties des nombreux œnologues à avoir répondu à mes questions parfois anodines : Sébastien Pardaillé, Marie-Emmanuelle Sanchez, Chantal Laurens et Emilie Philip.

Merci à Jean Natoli pour ses anecdotes, ses citations et le partage de quelques unes de ces expériences établies au fil de ces longues années au service du monde vinicole.

Je tiens à remercier Damien Lacoste de m'avoir laissé monopoliser l'étuve pendant quelques jours ainsi que les autres techniciens du laboratoire qui ont supporté les odeurs d'herbes sèches.

Un grand merci à l'ensemble de l'équipe du laboratoire pour leur sourire, leur blague, leur énergie et leur bonne humeur. Merci à tous pour ces bons moments.

Enfin je voudrais remercier mes amis de cette fabuleuse promotion viti-œno qui ont rempli ces mois de formation par de superbes souvenirs, discussions sur l'avenir et rires, à : Solène, Emeline, Marion, Matthieu, Lorenzo, Tim, Juliette, Hortense ...

Pour finir, un merci à mon entourage, ma famille, mes amis qui m'ont toujours soutenu dans mes études et dans mes choix. Un merci tout particulier à Victor qui a toujours été à mes côtés au cours de ces trois années intenses.



---

# SOMMAIRE

<b>Introduction.....</b>	<b>17</b>
<b>I.Contexte, état de l'art et problématique: La vigne enherbée.....</b>	<b>19</b>
A.Contexte de l'étude.....	19
B.Nature des couverts végétaux et stratégies de gestion de l'enherbement.....	21
C.Les avantages agronomiques et environnementaux des couverts végétaux.....	25
D.Des contraintes perceptibles à travers l'utilisation des couverts végétaux.....	31
E.Problématique de l'étude.....	35
<b>II.Matériels &amp; Méthodes.....</b>	<b>37</b>
A.Parcellaire d'étude.....	37
B.Analyse du couvert végétal et son effet sur le sol.....	41
C.Analyse du développement végétatif, suivi de l'état hydrique et minéral de la vigne.....	43
D.Analyse du développement fructifère de la vigne.....	47
E.Tests statistiques utilisés.....	49
<b>III.Résultats.....</b>	<b>51</b>
A.Caractérisation du millésime 2020.....	51
B.Caractérisation des couverts végétaux.....	53
C.Impact de l'enherbement sur le développement végétatif, la nutrition hydrique et minéral de la vigne.....	59
D.Développement fructifère de la vigne.....	69
E.Limites de cette étude.....	71
F.Perspectives.....	73
<b>Conclusion.....</b>	<b>75</b>

---



---

# Table des Figures

Figure 1: Carte des grands ensembles paysagers en Languedoc-Roussillon.....	18
Figure 2: Nature des surfaces enherbées en vigne dans les régions Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées (Pratiques culturelles en viticulture - Agreste, 2013).....	18
Figure 3: Les services et dysservices fournis par les enherbements des vignes (Garcia et al., 2018).....	20
Figure 4: Phénomène d'érosion par détachement des particules dit " splash erosion".....	24
Figure 5: Evolution des profils de charges hydriques au cours du temps des modalités enherbée et témoin.....	24
Figure 6: Cycle de l'azote dans un sol en fonction des conditions aérobies et anaérobies.....	26
Figure 7: Interactions symbiotiques entre les légumineuses et les bactéries au niveau de la rhizosphère (biosol.free: Campbell).....	26
Figure 8: Répartition écologique des verres de terre.....	28
Figure 9: Services de régulation rendus par les couverts végétaux.....	28
Figure 10: Schéma illustrant les différents termes des bilans hydriques et azotés dans la parcelle viticole enherbée.....	30
Figure 11: La réserve utile en eau d'un sol (Montpellier Supagro).....	30
Figure 12: Modèle conceptuel de la dynamique de l'azote et du risque de concurrence en cet élément entre la culture de service et la vigne.....	32
Figure 13: Résumé de la problématique et des enjeux de l'étude.....	34
Figure 14: Localisation du réseau des quatre parcelles d'essai (Source: Géoportail).....	36
Figure 15: Rolofacat Roll' n'Sem® de Comin Industrie.....	38
Figure 16: Échantillonnage des modalités enherbées avec la méthode des quadrats.....	40
Figure 17: Quadrat de 0,25 m2.....	40
Figure 18: Représentation des rameaux principaux et des branches latérales primaires sur deux types de taille.....	42
Figure 19: Formule de mesure de la vitesse d'élongation des branches latérales primaires en cm/jours.....	44
Figure 20: Montage de la chambre à pression pour les mesures de potentiel hydrique de tige.....	44
Figure 21: Déficits hydriques associés à chaque mesure (IFV).....	44
Figure 22: Assimilations des macro-éléments au cours du cycle végétatif de la vigne (Couderc J., 2015).....	46
Figure 23: Les stades phénologiques de la vigne (IFV).....	46
Figure 24: Formule de mesure d'estimation du rendement en (kg/ha) (IFV Occitanie).....	48
Figure 25: Principe de fonctionnement d'un IRTF (Vial B. et al., 2014).....	48
Figure 26: Données météorologiques de l'année 2020 à proximité des parcelles d'essai (Météoblue, ITK Vintel, Station personnelle).....	50
Figure 27: Répartition de la biomasse fraîche au sein des couverts de Montblanc et de Gaujac (g).....	52
Figure 28: Répartition de la biomasse fraîche au sein des couverts de St Ambroix et de St Pons (g).....	54
Figure 29: Pourcentage d'azote de la matière sèche en fonction de chaque espèce étudiée au sein des couverts des parcelles d'essai (Méthode MERCI).....	56
Figure 30: Restitution des éléments potentiels avec la méthode MERCI sur l'ensemble des parcelles (kg/ha).....	58
Figure 31: Potentiel Hydrique de Tige (PHT) sur l'ensemble des parcelles d'essai.....	60
Figure 32: Evolution de l'assimilation en azote et en phosphore sur chaque modalité (mg/100 pétioles).....	62
Figure 33: Evolution de l'assimilation du potassium et du magnésium sur chaque modalité (mg/100 pétioles).....	64
Figure 34: Evolution de l'assimilation du calcium et du manganèse sur chaque modalité.....	66
Figure 35: Analyse en Composantes Principales (ACP ou PCA) des différents paramètres analytique du contrôle maturité (à droite) et Qualité de représentation (à gauche).....	68
Figure 36: Récapitulatif des résultats de l'étude et des perspectives possibles.....	74

---



---

## Table des Tableaux

Tableau 1: Différents modèles spatiales d'enherbement au sein d'une parcelle viticole .....	20
Tableau 2: Atouts et Contraintes de quelques espèces semées (Laboratoire Natoli & associés) .....	22
Tableau 3: Récapitulatif des caractéristiques des parcelles d'essais .....	36
Tableau 4: Taux de couverture de chaque quadrat sur les modalités enherbées .....	56
Tableau 5: Résultats statistiques sur les poids des grappes (g) entre les modalités de St Ambroix .....	68
Tableau 6: Résultats statistiques sur les rendements (t/ha) entre les modalités de St Ambroix .....	68



---

## Table des Annexes

Annexe 1: Carte Géologique de chacune des parcelles d'essai (source : Géoportail et BRGM) .....	85
Annexe 2: Protocole de prélèvement des pétioles (SRDV) .....	86
Annexe 3: Données des poids frais des espèces présentes dans les couverts de Montblanc et de Gaujac (g) .....	87
Annexe 4: Données des poids frais des espèces présentes dans les couverts de St Ambroix et de St Pons (g).....	88
Annexe 5: Données de restitution potentielle des éléments avec la méthode MERCI sur l'ensemble des parcelles (kg/ha).....	90
Annexe 6: Résultats statistiques sur les vitesses d'élongation entre modalités .....	91
Annexe 7: Résultats statistiques sur les mesures de potentiels hydriques de tige des parcelles de Monblanc, Gaujac et St Ambroix.....	92
Annexe 8: Résultats statistiques sur les mesures de potentiels hydriques de tige de la parcelle de St Pons .....	93
Annexe 9: Evolution de l'assimilation du fer et du bore sur chaque modalité (ppm)(SRDV) .....	94
Annexe 10: Résultats statistiques sur les paramètres d'analyse du contrôle maturité sur St Ambroix .....	95
Annexe 11: Photographie de la partie semée de St Ambroix (haut) et celle non semée : futur rang labouré (bas) (source : Lucie Laville).....	97



---

# Glossaire

ACP : Analyse en Composantes Principales

ANOVA : Analysis of Variance

AOP : Appellation d'Origine Protégée

B : Bore

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

C : Carbone

Ca : Calcium

CVI : Casier Viticole Informatisé

Cu : Cuivre

DGDDI : Direction Générale des Douanes et Droits Indirects

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

FAO : Food and Agriculture Organisation

Fe : Fer

ICP-AES : Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy

IFV : Institut Français de la Vigne et du Vin

IGP : Indication Géographique Protégée

K : Potassium

LUV : Limite Usuelle de Variation

Mg : Magnésium

Mn : Manganèse

MO : Matière Organique

N : Azote

Na : Sodium

NIRS : Near Infrared Spectroscopy Systems

P : Phosphore

pH : Potentiel Hydrogène

RU : Réserve Utile

Zn : Zinc



---

## Introduction

Depuis la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, l'agriculture française ne cesse de s'adapter et d'innover pour répondre aux demandes du marché et aux enjeux environnementaux. Dans le sud de la France, la viticulture est confrontée à des changements climatiques qui se manifestent par des aléas de plus en plus marqués au fil des années (gel, sécheresse, inondation, grêle ...). Les conséquences associées à ces fluctuations peuvent être accrues ou, à l'inverse, atténuées en fonction des outils et des techniques utilisées. Dans ce contexte, certains événements climatiques associés à des pratiques agricoles inadaptées sont la cause d'une altération profonde de la ressource en sol. La qualité du sol est un élément indissociable de la productivité et de la pérennité d'un vignoble. Un des grands défis de la viticulture du 21<sup>ème</sup> siècle est de préserver cette ressource par un système de conduite approprié.

L'enherbement (soit la présence d'espèces herbacées dans une parcelle de vigne, quelque soit son implantation, origine, ...) est une des pratiques les plus connues pour limiter l'érosion du sol. Il a néanmoins été abandonné à cause de la concurrence qu'il exerce sur les ressources du sol au détriment de la culture. Les conditions climatiques du sud de la France y sont d'autant plus défavorables (faibles précipitations et fortes températures). Pour des questions de rentabilité, le maintien d'un couvert végétal au sein du vignoble est donc peu répandu dans cette région.

Néanmoins, aujourd'hui, l'enherbement connaît un regain d'intérêt et prend dorénavant plusieurs formes. Il ne s'agit plus seulement d'amener une couverture du sol mais d'apporter avec lui des intérêts pratiques (portance), agronomiques (conservation des sols) et environnementaux (biodiversité de la faune et la flore). Ce constat a amené le laboratoire Natoli & associés à se pencher sur la question de l'impact de l'enherbement inter-rang sur la vigne dans le sud de la France. L'idée est d'analyser différents couverts sur plusieurs territoires pour en évaluer les effets et ainsi mieux adapter le conseil viticole à chaque situation.

L'objectif est de mettre en avant au sein de ce mémoire plusieurs systèmes de couvert végétaux et d'en analyser l'influence sur le développement végétatif et fructifère de la vigne. L'effet de l'enherbement sera notamment évalué indirectement par la mesure d'éléments majeurs intervenant dans le développement de la vigne (les minéraux et l'eau).

Dans ce contexte, l'étude de ce mémoire porte sur quatre parcelles d'essais sur un territoire relativement large : de l'est de Béziers jusqu'au nord-ouest d'Orange.

La finalité de ce projet est de mettre en avant des pistes d'amélioration dans le choix du couvert. L'objectif est de répondre à des besoins concrets en terme de type de couvert sans impacter la rentabilité économique de l'exploitation, avec une obligation de résultat à la fois en terme de quantité et de qualité de récolte.

Ce mémoire se compose de trois grandes parties. Il débute sur une présentation du contexte et un état des lieux des connaissances actuelles sur les couverts végétaux. Il se poursuit sur la description des matériels et des méthodes utilisés de manière à exposer la méthodologie mise en place. Il se conclut sur l'exploitation des différentes données et l'interprétation des résultats, avec la présentation des limites visibles au sein de cette étude. Les derniers mots de ce mémoire porteront sur les perspectives que peuvent représenter la mise en place de couverts végétaux au sein de l'inter-rang en fonction de leur nature et de la parcelle.

---

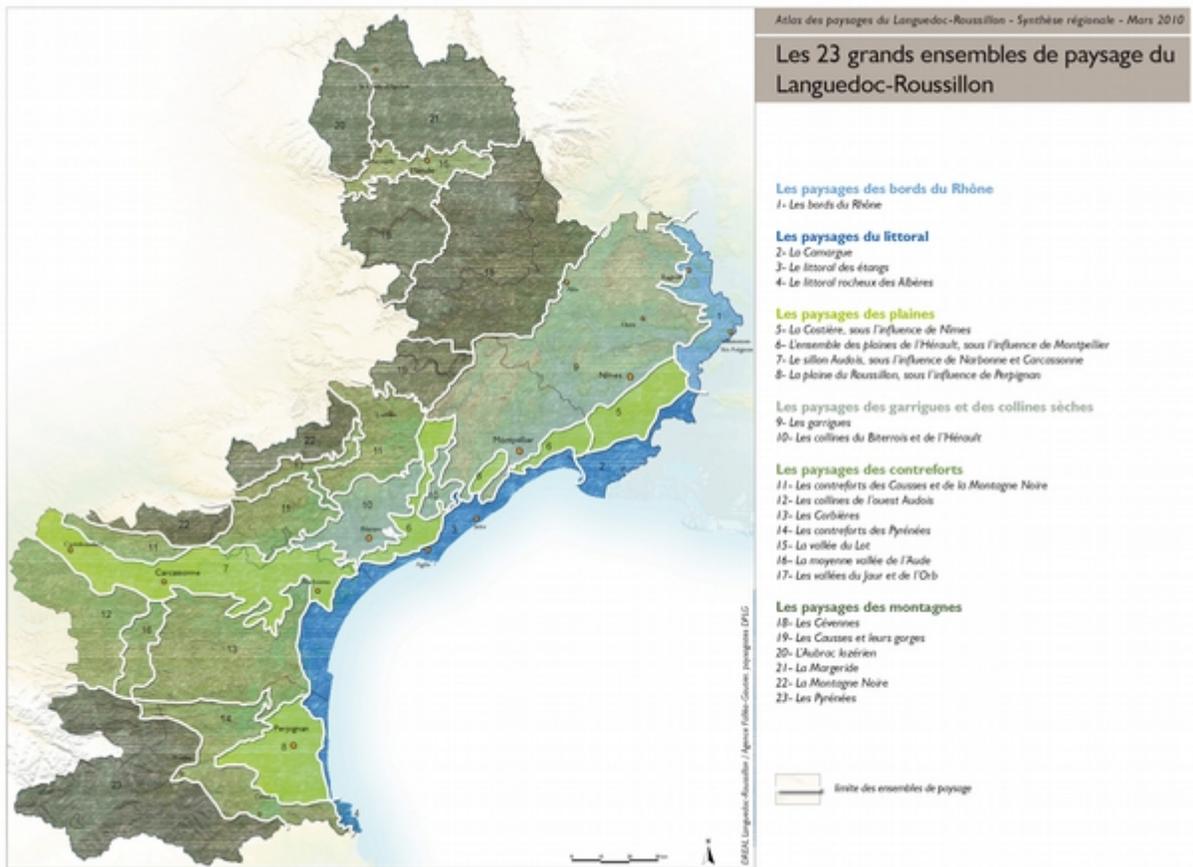


Figure 1: Carte des grands ensembles paysagers en Languedoc-Roussillon (DREAL Languedoc-Roussillon, 2014)

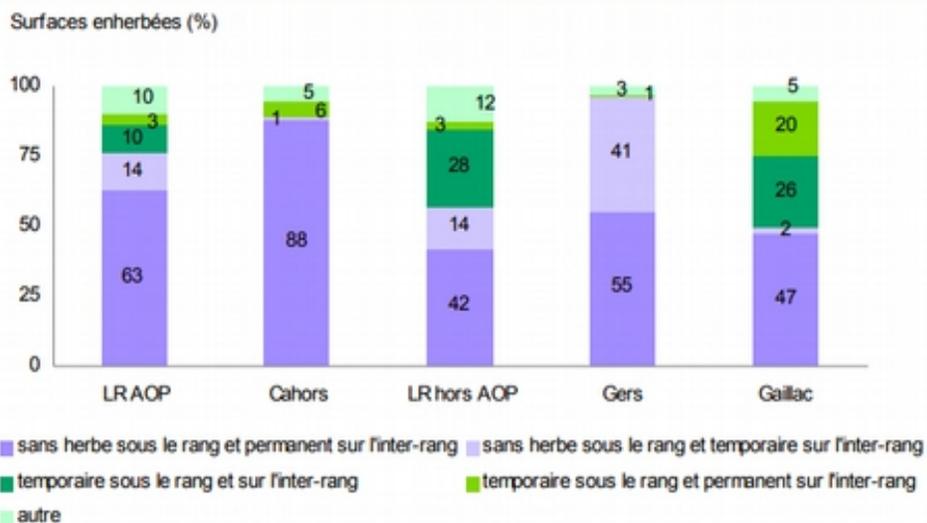


Figure 2: Nature des surfaces enherbées en vigne dans les régions Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées (Pratiques culturales en viticulture - Agreste, 2013)

---

# I. Contexte, état de l'art et problématique: La vigne enherbée

## A. Contexte de l'étude

### 1. Présentation du contexte viticole du Sud de la France

Le Languedoc-Roussillon est connu comme le berceau de la viticulture en France. Au I<sup>er</sup> siècle après Jésus Christ, la culture de la vigne s'est peu à peu étendue en suivant les grands couloirs maritimes notamment dans la vallée du Rhône (Inter Rhône, 2020). L'ensemble de ces territoires a connu à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle une importante campagne d'arrachage qui a considérablement réduit les surfaces viticoles existantes. Le Languedoc-Roussillon reste cependant le vignoble le plus étendu du territoire français avec 30 % de la surface totale en vigne (DGDDI-CVI 2013), 226 000 ha au total (Chambre d'Agriculture Occitanie). Le vignoble du sud de la France est un des plus riche en terme d'encépagement et se compose d'une multitude d'ensembles paysagers (DREAL Languedoc-Roussillon, 2014 (figure 1); DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, 2018). Il se définit ainsi par une richesse de terroir.

Le sud de la France est soumis en grande partie à un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs. Les précipitations sont contrastées et peuvent suivant les secteurs se manifester par des pluies abondantes (épisodes Cévenols). La force du vent est inégale avec des couloirs préférentiels selon les régions (Météo France).

La vigne et le vin ont une connotation toute particulière car ils s'inscrivent dans la culture française (Lucand et al, 2020) et ont marqué durablement son histoire. La filière viticole française est étroitement liée à des concepts politiques, économiques, culturelles, techniques, sociétaux et environnementaux (Lucand et al, 2020). La mise en place de couverts végétaux amène une réflexion sur plusieurs de ces aspects.

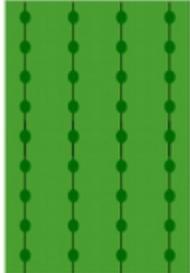
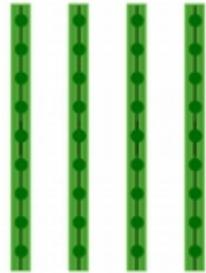
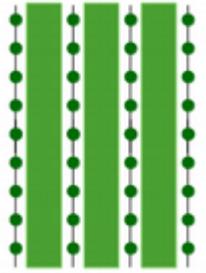
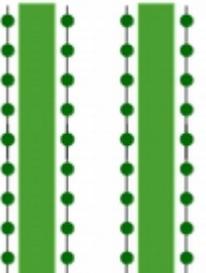
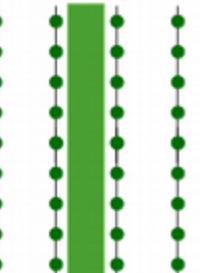
### 2. Fréquence de l'enherbement en Languedoc-Roussillon

Depuis des générations, l'enherbement est naturellement présent au sein des vignobles. La révolution agricole du 19<sup>ème</sup> siècle (mécanisation et désherbage chimique) a entraîné une diminution des surfaces viticoles enherbées. Selon les territoires, la mise en place d'un enherbement présente plus ou moins d'avantage ce qui amène à des différences spatiales et temporelles dans l'utilisation de cette pratique.

Aujourd'hui, peu d'études chiffrent le pourcentage des surfaces enherbées au sein du vignoble français. Cette pratique semble néanmoins se développer au fil des années notamment dans une optique de conservation des sols. L'enherbement hivernal est une des plus répandues, en Languedoc-Roussillon 40 % des exploitations la pratiquerait (Frey, 2016). Ce couvert végétal, pendant la période de repos de la vigne, est un des moins concurrentiel pour cette culture.

En 2013 en Languedoc-Roussillon, l'enherbement sur l'inter-rang ou total était pratiqué sur 18 % des surfaces pour les secteurs en AOP et 20 % des surfaces pour ceux non AOP\* (Agreste, 2013). Parmi ces enherbements, la majorité sont sans herbes sous le rang et permanent dans l'inter-rang (Agreste, 2013; figure 2).

Tableau 1: Différents modèles spatiales d'enherbement au sein d'une parcelle viticole

Enherbement total dit "en plein"	Enherbement sous les rangs	Enherbement sur tous les inter-rangs	Enherbement un inter-rangs sur deux	Enherbement un inter-rangs sur trois
				

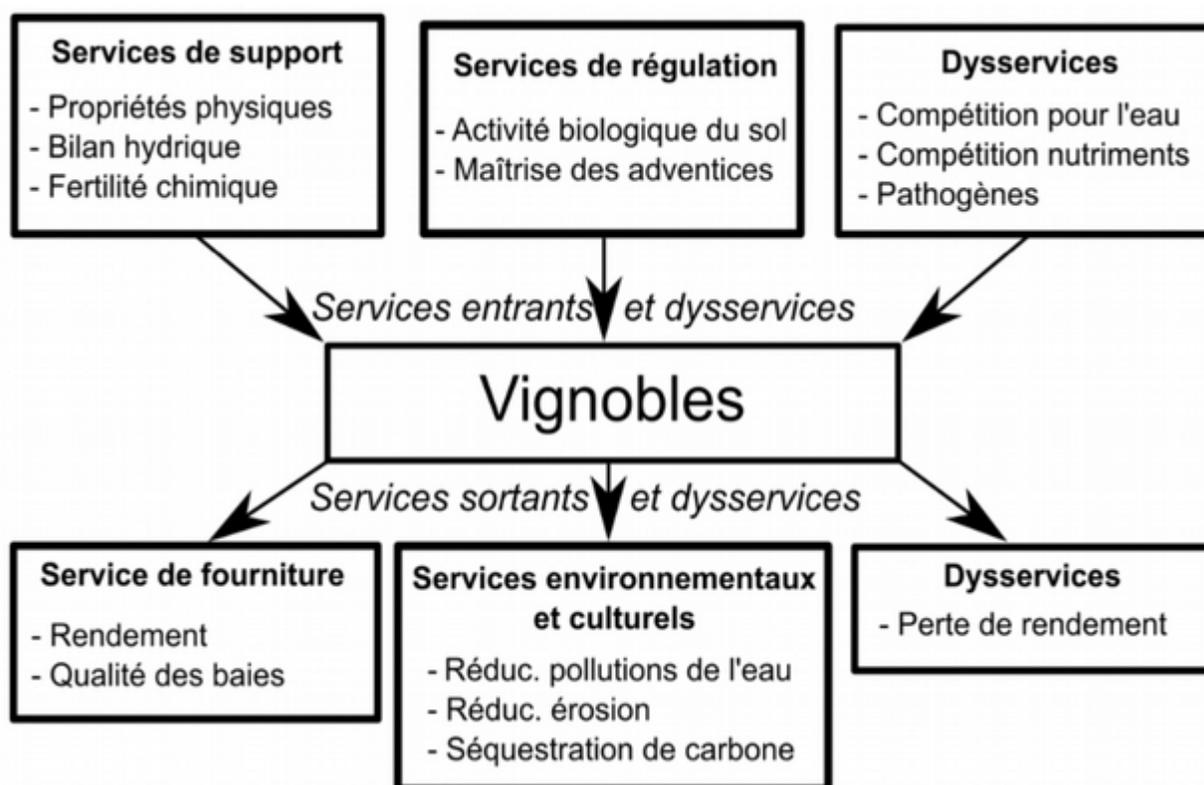


Figure 3: Les services et dys-services fournis par les enherbements des vignes (Garcia et al., 2018)

---

## B. Nature des couverts végétaux et stratégies de gestion de l'enherbement

Cette deuxième sous-partie s'intéresse à la forme que peut prendre le couvert végétal et à la manière de le mettre en place. Elle présente de manière exhaustive la nature des enherbements avant d'en décrire plus amplement leurs effets au sein du vignoble (partie C et D).

### *1. Les couverts végétaux : une culture de service au sein du vignoble*

L'enherbement au sein de la vigne consiste à semer ou laisser se développer un couvert végétal. Il se définit à la fois par sa nature (spontané ou semé) et par sa durée (temporaire ou permanent) (Celette, 2007). Les couverts végétaux peuvent se composer d'espèces annuelles, biennuelles ou pérennes. S'ajoute à cela d'autres notions spatiales (tableau 1) et temporelles avec le choix de la période d'enherbement (hivernal et/ou printanière ou permanente).

Le couvert végétal peut se caractériser par une culture de rente mais reste majoritairement mis en place comme culture de service dans le domaine viticole (Frey, 2016). Il tend ainsi à répondre à des besoins spécifiques (agronomiques, économiques, environnementaux, ...) variables selon les domaines et les parcelles. Le choix du couvert est donc fortement dépendant des objectifs visés.

Les couverts végétaux peuvent rendre plusieurs services : régulation, support, fourniture, ainsi que des services environnementaux et culturels (figure 3; Garcia et al, 2018). Ils sont également responsables de dysservices à travers la perte de rendement qui selon les contextes peuvent être reclassés en service. Dans les vignobles septentrionaux, la pratique de l'enherbement s'est ainsi répandue en raison de la concurrence pour les ressources hydriques et azotées (Guilpart, 2004). Un enherbement permanent peut en effet être choisi dans le but de diminuer la vigueur de la vigne, notamment dans des parcelles avec un historique de développement de *Botrytis* (Muscas et al, 2017). A l'inverse, la structure spatiale ou la densité de semis sont des leviers qui sont utilisés pour réduire la concurrence avec la vigne, ou pour favoriser la production de biomasse. L'ensemble de ces services et dysservices sera plus amplement détaillé par la suite.

### *2. Le choix des couverts végétaux varie en fonction des besoins*

Des aspects économiques et techniques entrent en compte dans le choix de l'enherbement. Un enherbement naturel spontané peut être préféré dans la mesure où il permet de réduire les coûts (du semis et de son implantation) et demande moins de technicité (Porqueddu et al, 2000; Garcia et al, 2018). Il faut néanmoins rester vigilant sur le facteur économique, un enherbement spontané peut avoir un impact dépressif plus important sur la production de raisin (Porqueddu et al, 2000) en comparaison à d'autres couverts semés (trèfle souterrain et luzerne).

Tableau 2: Atouts et Contraintes de quelques espèces semées (Laboratoire Natoli & associés)

Famille	Nom	Milieu / Période d'implantation	Atouts	Contraintes	
Brassicacées (crucifères)	Colza ( <i>Brassica napus</i> ) 	- août à septembre - tous types de sol	- bon recouvrement du sol - forte production de biomasse - bonne restructuration du sol - sensible à la sécheresse - éléments prélevés* (kg/ha) : 50 - 110 N, 30 - 60 P, 60 - 170 K	- à éviter en sol trop sec et pauvre en azote.	
	Moutarde blanche ( <i>Sinapis alba</i> ) 	- juillet à septembre - tous types de sol	- développement rapide - facile à planter - bonne restructuration du sol - mobilisation du phosphore - léger effet acidifiant - sensible à la sécheresse - éléments prélevés* (kg/ha) : 40 - 90 N, 15 - 50 P, 60 - 160 K	- lignification si destruction tardive - sensibilité au gel (-5°C)	
	Radis fourrager ( <i>Raphanus sativus</i> ) 	- août à septembre - tous types de sol	- développement rapide - bonne restructuration du sol - lutte contre les adventices - léger effet acidifiant - plante pivotante très profonde (après séchage le pivot facilite la traversée des différents horizons du sol par l'eau, les verres de terres, les micro-organismes, ...) - éléments prélevés* (kg/ha) : 60 - 140 N, 30 - 50 P, 110 - 210 K	- floraison précoce - destruction délicate si les pivots sont trop gros (privilégier les radis chinois)	
Fabacées (légumineuse)	Féverole ( <i>Vicia faba</i> ) 	- septembre à octobre - sols argilo-calcaires à limoneux	Enrichissent le sol en azote par fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (si temps de culture > 50 jours)	- bon développement - bonne restructuration du sol - pas de risque de montée à graines - bon recouvrement du sol et pousse rapide - rôle nématocide et antiparasitaire - éléments prélevés* (kg/ha) : 10 - 100 N, 15 - 40 P, 20 - 120 K	- peu de couverture hivernale - dose importante de semis pour une bonne levée - coût important
	Sainfoin ( <i>Onobrychis viciifolia</i> ) 	- fin été, début automne - sols calcaires pauvres et séchants		- bon recouvrement du sol et pousse rapide - rôle nématocide et - bon recouvrement du sol - facile à installer	- résistante à la sécheresse - peu de production de semence bio en France
	Trèfle incarnat ( <i>Trifolium incarnatum</i> ) 	- août à septembre - tous types de sol		- bon recouvrement du sol - facile à installer - éléments prélevés* (kg/ha) : 30 - 60 N, 10 - 20 P, 40 - 70 K	- difficile à réussir (petite graine) - destruction difficile - à semer tôt - sensibilité au gel
	Vesce commune ( <i>Vicia sativa</i> ) 	- août à octobre - tous types de sol		- production de biomasse importante - implantation facile - lutte contre les adventices - séchent naturellement en été - éléments prélevés* (kg/ha) : 60 - 75 N, 20 - 30 P, 50 - 75 K	- sensible aux terrains maigres - vitesse de développement lente
Poacées (graminées)	Avoine ( <i>Avena sativa</i> ) 	- juillet à octobre - tous types de sol	- bonne restructuration du sol - rôle nématocide	- peu de couverture hivernale - peu sensible à la sécheresse - sensibilité au gel	
	Orge ( <i>Hordeum vulgare</i> ) 	- juillet à septembre - tous types de sol	- levée assez rapide	- sensible à l'hydromorphie et l'anoxie	
	Seigle ( <i>Secale cereale</i> ) 	- août à octobre - préfère les sols acides	- bonne restructuration du sol - piègeage hivernal - tuteur ou les autres plantes vont pouvoir s'accrocher - éléments prélevés* (kg/ha) : 30 - 50 N, 10 - 20 P, 40 - 50 K	- cinétique d'absorption lente - destruction mécanique difficile	
Hydrophyllacées	Phacélie ( <i>Phacelia tanacetifolia</i> ) 	- Mars à Septembre - tous types de sol y compris sols compacts	- développement rapide - bonne restructuration du sol - bonne résistance à la sécheresse - lutte contre les adventices - éléments prélevés* (kg/ha) : 30 - 70 N, 10 - 20 P, 60 - 130 K	- semis délicat (nécessite souvent un mélange avec de la terre fine ou autres pour faciliter le contact sol-graine) - sensibilité au gel (-4°C)	

\*Source : adaptée de « Les engrais verts en cultures légumières (synthèse bibliographique) » - Corine Vantalon - APREL - Novembre 2000

La restitution des éléments minéraux prélevés dépend des conditions de minéralisation du sol : une partie est restituée sous forme assimilable (pour l'azote notamment), le reste est intégré à la matière organique stable du sol.

---

Pour les semis, le choix peut se porter sur une espèce ou un mélange. Ces derniers sont souvent privilégiés car ils favorisent la production de biomasse, meilleur taux de recouvrement du sol ainsi qu'une meilleure gestion des adventices en comparaison à une espèce seule (Chambre d'Agriculture de l'Aude, oct. 2019). S'ajoute à cela l'équilibre entre l'azote, le carbone lent et rapide. Dans un mélange, une grande partie des graminées fournit le carbone lent et l'effet de tuteurs (cellulose et lignine), les crucifères apportent le carbone rapide (les sucres) et les légumineuses amènent l'azote (IFV Occitanie; Guerra and Steenwerth, 2012). Les crucifères vont également structurer le sol en profondeur grâce à leurs racines pivotantes et restituer du potassium lors de leur dégradation. Le tableau 2 reprend les atouts et contraintes de quelques espèces couramment retrouvées dans des couverts végétaux.

### *3. Une maîtrise technique dans la gestion de l'enherbement*

L'implantation d'un enherbement demande une maîtrise technique qui commence dès le semis dans le cadre d'un couvert végétal semé. Une préparation du sol est nécessaire en amont en dehors du semis direct. Il constitue en l'ameublissement du sol en surface (griffage à 5 cm puis ratissage) suivi d'un roulage (obtention d'une terre fine et d'un lit de semence régulier et aplani). Le semis se fait de préférence à l'automne soit à la volée avec un épandeur d'engrais (mois précis) soit en ligne avec des semoirs. Il est parfois difficile d'associer tous les types d'espèces souhaitées pour des raisons de taille de graine, de densité, de profondeur de semis et de leur disponibilité (Chambre d'Agriculture de l'Aude, oct. 2019).

L'entretien et/ou la destruction de l'enherbement consiste le plus souvent en des tontes régulières qui peuvent aller de 2 à 6 par an selon les espèces et les parcelles. Il peut également s'agir de coucher l'herbe si le couvert végétal est suffisamment développé. La destruction du couvert peut se faire naturellement par dessèchement sous l'effet de la température. Mais également mécaniquement selon quatre procédés: le roulage, le broyage, le fauchage accompagné ou non par un enfouissement. La date de ces opérations varie fortement d'un domaine à l'autre, elle peut se faire dès le débourrement pour limiter le risque de gel ou après la montée en graine des espèces semées pour permettre leur ré-implantation naturelle l'année suivante.

D'autres systèmes de gestion permettent de limiter la consommation en eau par le couvert. C'est le cas d'une tonte précoce qui laisse ainsi une plus grande réserve hydrique pour la vigne (+30 mm dans l'horizon 0-1 m) au moment de son démarrage en comparaison à une tonte tardive courant avril (Garcia, 2018). En revanche, une tonte tardive favorise une production de biomasse plus importante (6 t/ha contre 4 t/ha) ainsi qu'un rapport massique carbone sur azote de la matière sèche plus élevé (C/N de 20 contre 12), (Garcia, 2018).

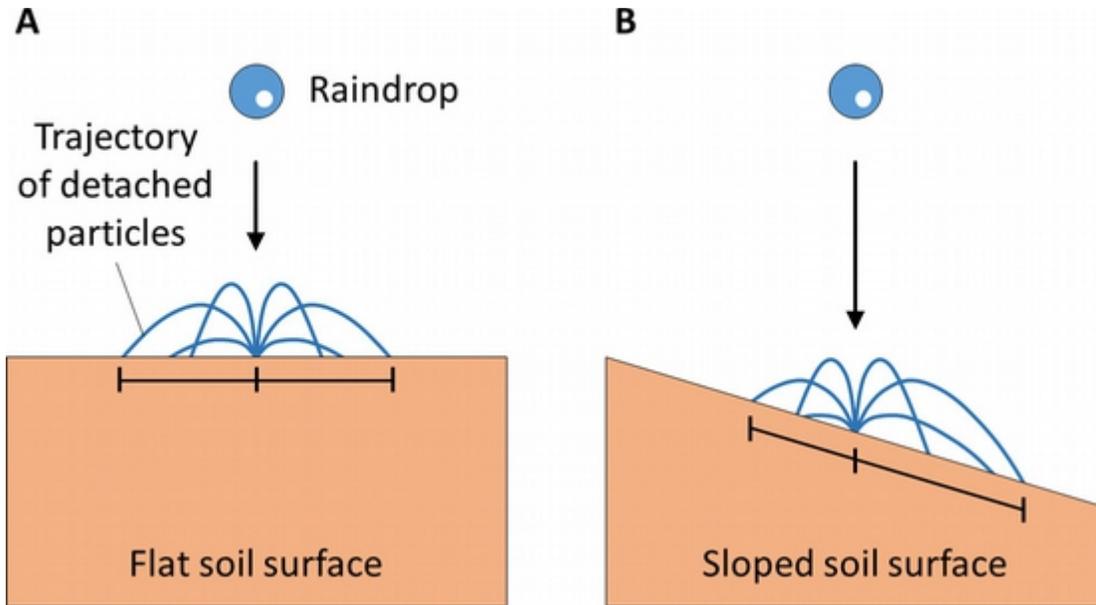


Figure 4: Phénomène d'érosion par détachement des particules dit "splash erosion" (Fernández-Raga, 2017)

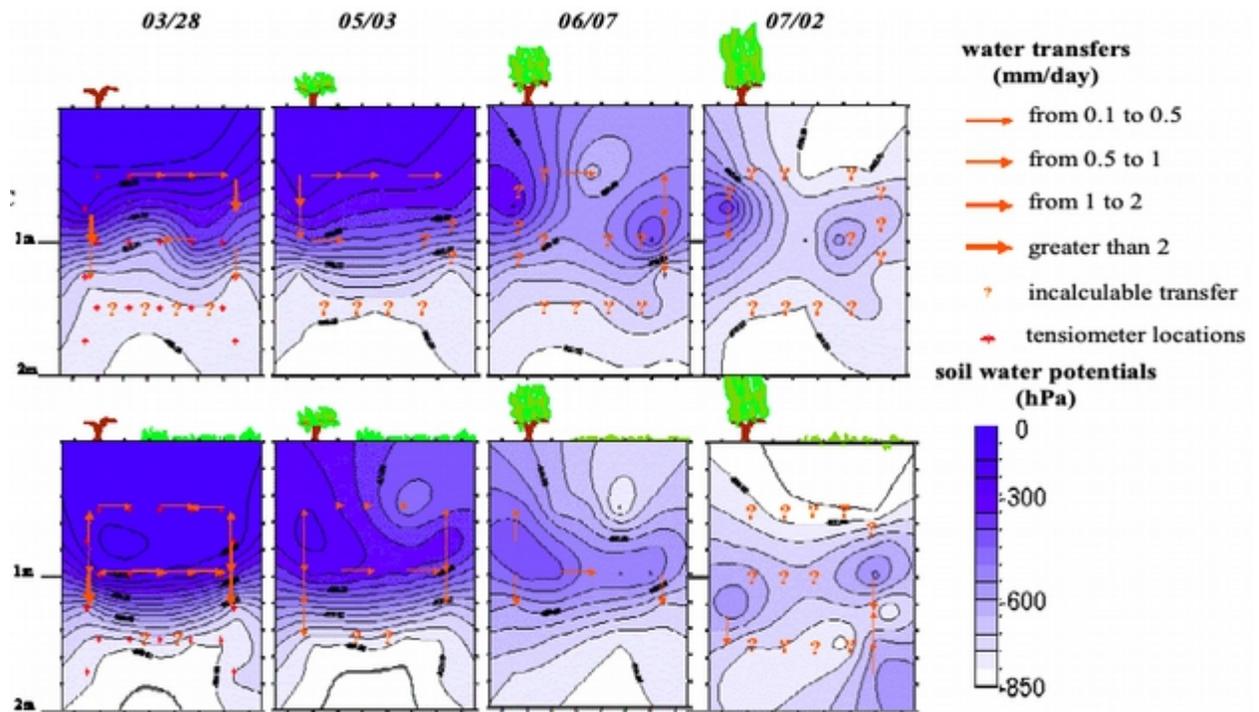


Figure 5: Evolution des profils de charges hydriques au cours du temps des modalités enherbée et témoin (absence d'enherbement) (Chantelot, E., Celette, F., & Wery, J., 2004)

---

## C. Les avantages agronomiques et environnementaux des couverts végétaux

### 1. Une amélioration de la structure du sol

Le maintien de couverts végétaux au sein des cultures présente des avantages agronomiques non négligeables. Il peut se décomposer en deux grandes actions sur le sol : la bio-protection et la bio-construction (Naylor et al, 2002). La bio-protection peut être considérée comme le rôle actif ou passif des organismes notamment les plantes dans la prévention des processus d'érosion. La bio-construction se définit, quant à elle, par la production de dépôts sédimentaires, d'accrétions ou d'accumulations organiques (Naylor et al, 2002).

L'implantation d'un enherbement tend à protéger le sol contre l'érosion et à favoriser l'accumulation de matière organique (Battany & Grismer, 2000; Belmonte et al, 2016; Gholami et al, 2013; Gómez et al., 2011; Novara et al, 2019; Ruiz-Colmenero et al, 2013; Zuazo et al, 2009). L'érosion est un phénomène variant selon les propriétés physico-chimiques du sol. Les pertes liées à l'érosion sont principalement dues à la décomposition des agrégats du sol (figure 4; Amezketa, 1999) mais également au gonflement et à la désagrégation des argiles (Le Bissonnais, 1996).

Les couverts végétaux vont jouer un rôle de protection contre ces phénomènes de désagrégation (Belmonte et al, 2016; Gholami et al, 2013). Le carbone organique du sol ainsi que le carbone dérivé de plante tendent à stabiliser les macro-agrégats (Verchot et al., 2011). La stabilité structurelle du sol peut ainsi être améliorée par les exsudats racinaires, les polysaccharides, les mucilages des racines de plantes vivantes et les détritiques des racines mortes en décomposition. Ces éléments sont une source de carbone pour les microbes (Ruiz-Colmenero, 2013). Face à ces phénomènes d'érosion, l'enherbement permet de retenir les sédiments et les nutriments du sol.

Au-delà de cet aspect de bio-protection, la présence d'un enherbement facilite les processus d'infiltration de l'eau dans les sols en comparaison à un sol labouré (Gulick et al., 1994; Ruiz-Colmenero et al, 2013). Cela se traduit par des profils hydriques avec des réserves en eau plus importantes lors de la saison printanière en présence d'enherbement (figure 5) (Gaudin et al, 2010; Chantelot et al, 2004; Steenwerth et Belina, 2008 (a)). L'amélioration de l'infiltration peut en partie être attribuée à un plus grand nombre de pores au sein d'un enherbement (Ruiz-Colmenero et al, 2013). L'enrichissement du sol en carbone organique amène également à une augmentation de l'infiltration en réduisant la formation de croûte physique. Cette matière organique limite ainsi l'étanchéité de la surface du sol (Verchot et al., 2011), l'érosion étant connue pour réduire la capacité de rétention d'eau en raison du ruissellement rapide (Zuazo et Pleguezuelo., 2009).

Les couverts végétaux permettent ainsi d'améliorer la portance et de limiter les tassements liés à la mécanisation des cultures (Chantelot et al, 2004). A noter, en revanche, les sols enherbés sont parfois plus compacts en comparaison des sols travaillés (Peigné et al, 2009).

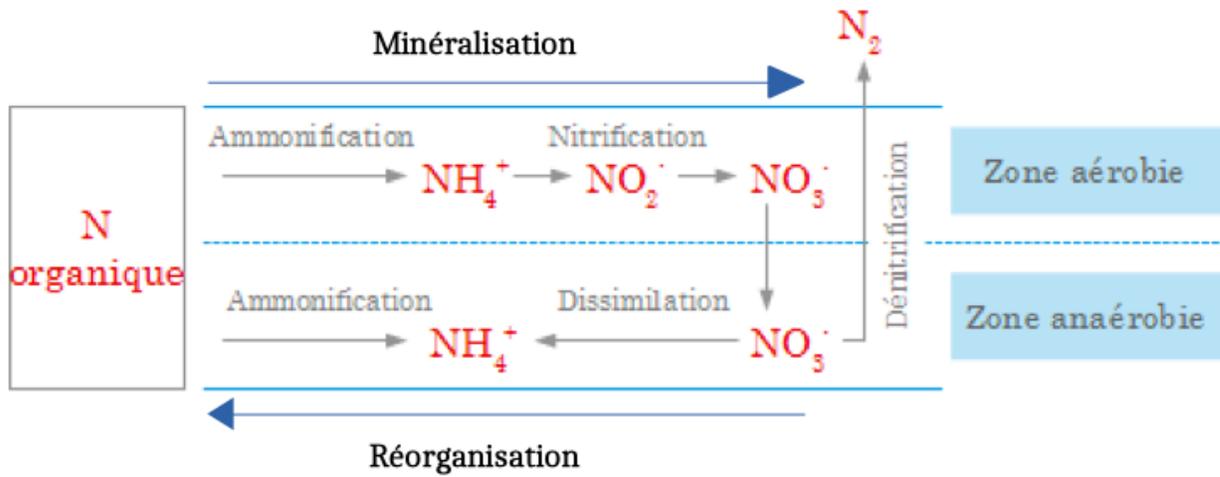


Figure 6: Cycle de l'azote dans un sol en fonction des conditions aérobies et anaérobies (Pinay, 2000)

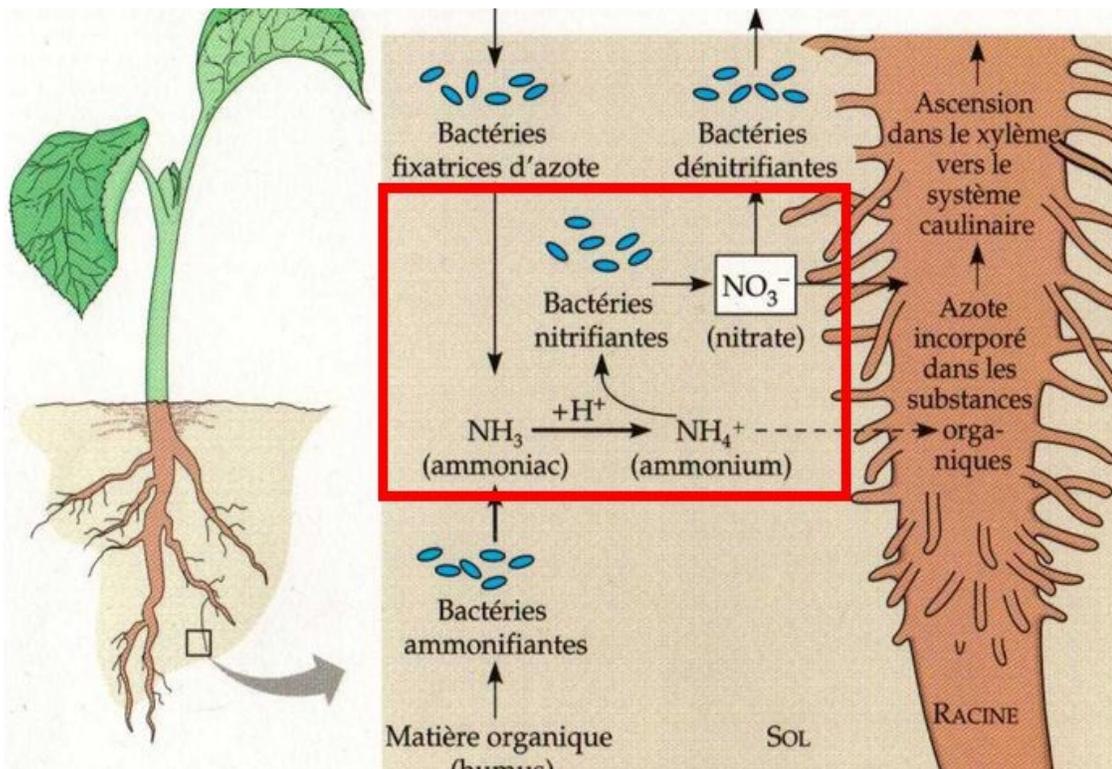


Figure 7: Interactions symbiotiques entre les légumineuses et les bactéries au niveau de la rhizosphère (biosol.free: Campbell)

---

## 2. Une préservation et une restitution du carbone et d'éléments minéraux (N,P, K) dans le sol

Les couverts végétaux, à travers leur action de bio-protection, limitent les effets de l'érosion. Ils permettent d'améliorer la teneur en matière organique (Ruiz-Colmenero et al, 2013; Novara et al, 2019) et en nutriments, ces derniers ne sont plus transportés par les processus d'érosion (Zuazo & Pleguezuelo, 2009). Ces différences de teneur en matière organique et nutriments entre un sol enherbé et travaillé sont principalement attribuées à une réduction des processus d'érosion. Il existe une forte corrélation entre le taux de séquestration du carbone dans le sol et le gradient de pente ainsi que le travail du sol. L'apport de carbone par les plantes est donc parfois surestimé (Novara et al., 2019).

Le couvert végétal dispose d'une meilleure capacité à retenir les sédiments du sol et les nutriments. Les éléments sont préservés dans les horizons de surface. L'enherbement permet notamment de limiter la lixiviation des nitrates en réduisant le drainage et en consommant les excès d'azote hivernaux (Tournebize, 2001). Selon Tournebize, ce mode de culture diminue de 80 % le lessivage des nitrates lié à la baisse de 30 % des quantités d'eau naturellement drainées. L'augmentation de la matière organique dans ce système de culture favorise la rétention des éléments minéraux. La matière organique joue un rôle clé dans l'échange de cation, environ 95% de l'azote du sol et 25 à 50 % du phosphore y sont contenus (Zuazo & Pleguezuelo, 2009). De plus, les plantes libèrent des cations polyvalents ce qui augmente les concentrations d'ions en solution (Amezketta, 1999)

Au-delà de ces aspects de rétention, les couverts végétaux ont une plus grande capacité de minéralisation de l'azote, de nitrification, de dénitrification (figure 6) et disposent d'une biomasse microbienne en azote plus élevée en comparaison aux sols travaillés (Steenwerth et belina, 2008 (b)). La biomasse microbienne en azote fluctue néanmoins au cours du temps, elle est plus importante en hiver et au printemps dans les couverts végétaux. Cette tendance s'inverse en été et il n'existe plus de différence entre un sol travaillé et enherbé (Steenwerth et belina, 2008 (b)). L'ammonium du sol est quant à lui deux à trois fois plus élevé au sein d'un enherbement qu'au sein d'un sol travaillé en hiver et au printemps (Steenwerth et belina, 2008 (b)).

S'ajoute à cela, la capacité de certaines plantes telles que les Fabacées plus couramment appelées légumineuses qui peuvent fixer l'azote atmosphérique (diazote) grâce à une association symbiotique avec des bactéries (*Rhizobium* ou *Bradyrhizobium*) (figure 7; Vertes et al., 2010). Ces bactéries vont s'associer avec la plante au niveau de ces racines et former des nodosités.

Les teneurs en azote, phosphore et potassium sont plus grandes avec un couvert végétal semé plutôt que spontané (Ovalle et al, 2007). L'augmentation des éléments nutritifs du sol (N, P et K) par des apports de résidus de cultures reste néanmoins relativement faible (Ranaivoson et al., 2017).

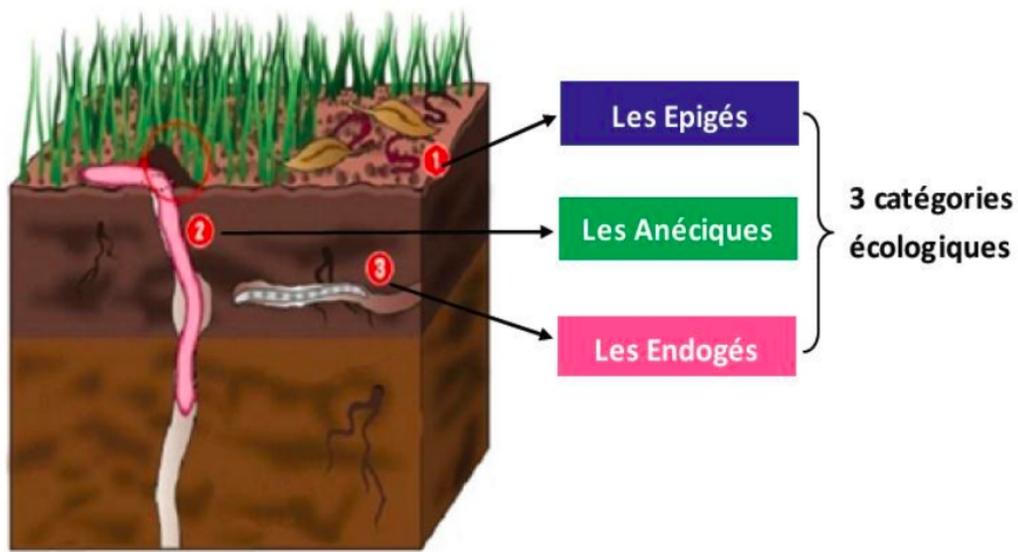


Figure 8: Répartition écologique des vers de terre  
(Université de Rennes 1)

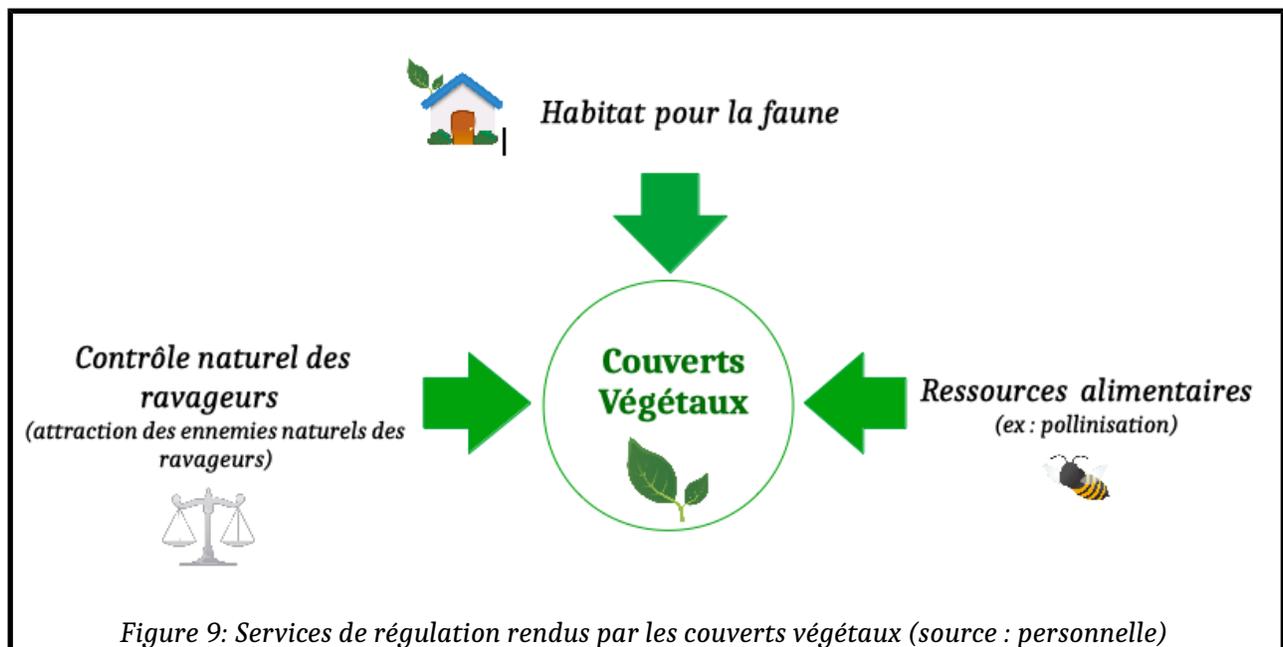


Figure 9: Services de régulation rendus par les couverts végétaux (source : personnelle)

---

### 3. Une maîtrise des adventices

Selon les systèmes de culture, certaines espèces végétales s'installent plus facilement dans le milieu. Des travaux de labour, de tonte ou de désherbage conduisent parfois à une sélection des espèces dont des mauvaises herbes (Darmency et Gasquez, 1990). Certaines se montrent très compétitives avec les vignes sur la ressource en eau et en nutriments (Gulick et al., 1994; Lopes et al., 2004). La mise en place d'un couvert végétal semé tend néanmoins à faire basculer la balance et entrer en compétition avec les autres adventices (Ovalle et al., 2007; Winter et al., 2018).

L'implantation d'un enherbement semé adapté peut ainsi s'inscrire dans une méthode de lutte contre les adventices (Garcia, 2018). L'idée est d'occuper le milieu avec d'autres espèces végétales afin de concurrencer les mauvaises herbes. Le choix de l'espèce semé est alors déterminant, l'efficacité à maîtriser l'abondance des adventices varie fortement d'une plante à l'autre. Un couvert de trèfle souterrain se montre ainsi plus adapté par rapport à la luzerne pour permettre une bonne couverture du sol et contrôler les adventices sans pour autant concurrencer fortement la ressource en eau pour la vigne (Porqueddu et al, 2000; Campiglia et al, 1995). Les couverts végétaux ont un effet négatif important sur les espèces végétales spontanément présentes dans le rang (Ovalle et al, 2007).

La levée des mauvaises herbes et leur biomasse peuvent également être réduites de 50% en présence de résidus de culture par rapport à un sol nu sans labour avec des quantités de résidus d'au moins 1 t/ha (Ranaivoson et al.,2017).

### 4. Une biodiversité accrue au sein des couverts

Le couvert végétal est un milieu propice au développement de la faune avec une source d'alimentation pour les animaux et soutient une population microbienne dans la rhizosphère (Coll et al., 2009). De nombreux oiseaux et petits mammifères utilisent les zones d'herbe pour vivre et trouver des ressources alimentaires. Certains animaux comme le lièvre vont notamment se cacher dans ces couverts végétaux (Gurr et al., 2003). Les couverts végétaux tendent également à augmenter la diversité des espèces telles que les araignées en comparaison à un sol nu (Costello & Daane, 1998). Cet effet de l'enherbement est notamment observé sur les vers de terres, leur abondance et leur biomasse sont accrues dans des systèmes de conservation des sols (Peigné et al., 2009). Le labour perturbe les habitats du sol des vers de terre, en particulier les espèces de terriers profonds (anéciques, figure 8), et expose les vers de terre à la prédation et à la dessiccation.

Au niveau de la flore, une couverture végétale spontanée permanente semble avoir un effet positif sur la diversité de la flore avec la présence d'espèces annuelles de Fabacées (Hépathique des fontaines, *Marchantia polymorpha*) et de Poacées (Avoine sauvage, *Avena sterilis*), (Monteiro et al, 2007), au détriment de certaines Géraniacées et Astéracées (Monteiro et al, 2007).

Un couvert végétal peut également s'inscrire dans une lutte biologique contre les ravageurs. L'idée est de limiter l'impact des ravageurs en attirant la faune auxiliaire (Garcia et al, 2018). Altieri et al. (2005) ont ainsi montré que les cultures de couverture améliorent la lutte biologique contre les cicadelles et les thrips au sein d'un vignoble. Les arbustes et les plantes servent de ressources florales toute la saison à des ennemis naturels de ces ravageurs de la vigne (figure 9).

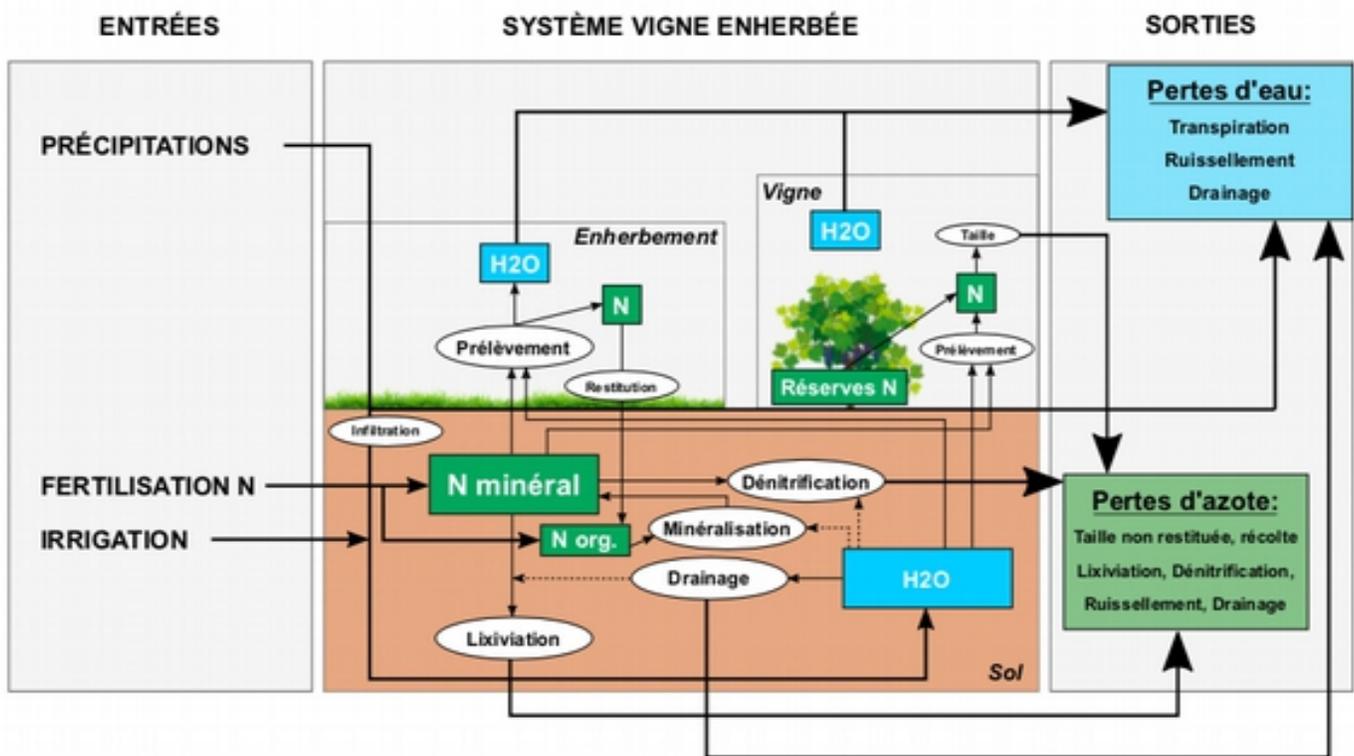


Figure 10: Schéma illustrant les différents termes des bilans hydriques et azotés dans la parcelle viticole enherbée (Leo Garcia, 2018)

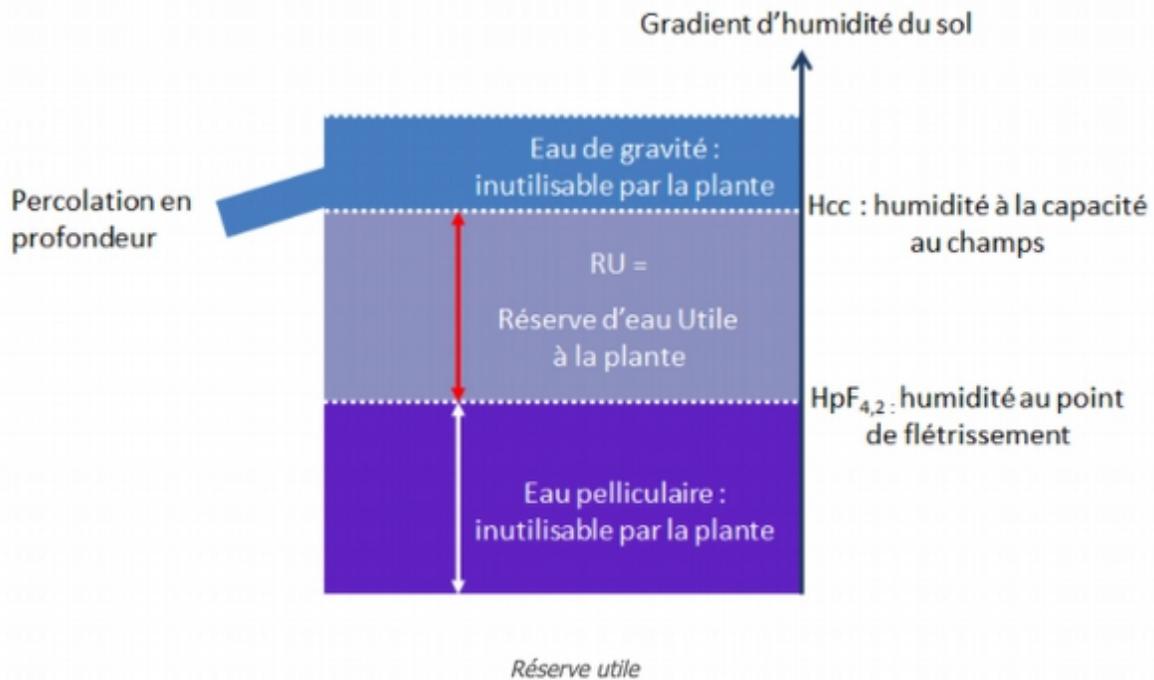


Figure 11: La réserve utile en eau d'un sol (Montpellier Supagro)

---

## D. Des contraintes perceptibles à travers l'utilisation des couverts végétaux

### 1. Une concurrence hydrique variable pour la vigne selon son stade phénologique

L'eau est une ressource clé pour toute culture. Sa disponibilité varie considérablement au cours du temps dans le sud de la France. Dans une zone avec une faible précipitation annuelle et un haut niveau d'évapotranspiration, la disponibilité en eau pour la plante est sévèrement réduite. L'aridité est un facteur environnemental critique pour l'évolution naturelle de la végétation, le stress hydrique entraînant une réduction du couvert végétal de la vigne (Zuazo & Pleguezuelo, 2009). L'implantation d'un enherbement n'est donc pas une opération anodine vis à vis de cette ressource. Dans les régions méditerranéennes, l'enherbement est moins adopté par les agriculteurs qui craignent une concurrence excessive pour l'eau (Gaudin et al, 2010).

Les couverts végétaux favorisent une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, ce qui explique des réserves hydriques supérieures au débourrement dans les vignes enherbées en comparaison à des vignes travaillées (Chantelot et al., 2004). Cette situation tend néanmoins à s'inverser sur la période du débourrement à la floraison de la vigne avec un dessèchement plus rapide des horizons supérieurs sur la modalité enherbée (Chantelot et al., 2004; Steenwerth et al., 2008 (a); Garcia, 2018). La capacité concurrentielle d'une mauvaise herbe ou d'une culture de couverture est liée à sa croissance et/ou à l'efficacité d'utilisation de l'eau (taux de photosynthèse / taux de transpiration) dans une situation particulière (Lopes et al., 2004).

Les couverts végétaux commencent à puiser dans la ressource en eau pour leur propre développement (figure 10) bien avant le débourrement de la vigne soit avant que celle-ci ne commence à prélever de l'eau du sol (Monteiro et al., 2007). Ce phénomène tend à assécher le sol sous la zone enherbée et amène à une redistribution spatiale des racines (figure 5; Celette et al., 2008). La période allant de la floraison à la véraison est une des plus sensibles à un stress hydrique et conduit souvent à une réduction de la taille et du poids des baies (Ojeda et al., 2001). Les déficits hydriques précoces modifient ainsi les propriétés structurales de la baie en limitant l'extensibilité de leur paroi cellulaire (Ojeda et al., 2001). Un déficit hydrique avant nouaison peut également impacter le nombre de grappes et de baies finales d'autant plus s'il est combiné avec un déficit azoté (Keller, 2005).

Cette compétition est en revanche moindre si la réserve utile du sol (figure 11) a bien été rechargée pendant la période hivernale (Celette et al., 2008).

Un autre aspect à prendre en compte dans cette concurrence pour la ressource en eau est l'âge de la parcelle. Une parcelle bien installée dispose d'une meilleure répartition du système racinaire de la vigne dans le sol et donc d'une meilleure capacité d'absorption de l'eau (Ruiz-Colmenero et al., 2011).

Cette concurrence hydrique est un avantage dans certaines zones notamment des bas-fonds car elle limite l'incidence du Botrytis en ouvrant la canopée de la vigne. Elle se caractérise par une diminution du nombre de feuilles ainsi que du pourcentage de grappes et de feuilles internes (Pellegrino et al., 2005). Par l'installation d'un déficit hydrique, les couverts végétaux réduisent la vigueur et augmentent l'exposition des fruits. Ces phénomènes conduisent à une diminution significative du rendement et de la capacité de la vigne (Tesci et al., 2007; Gontier et al., 2011).

---

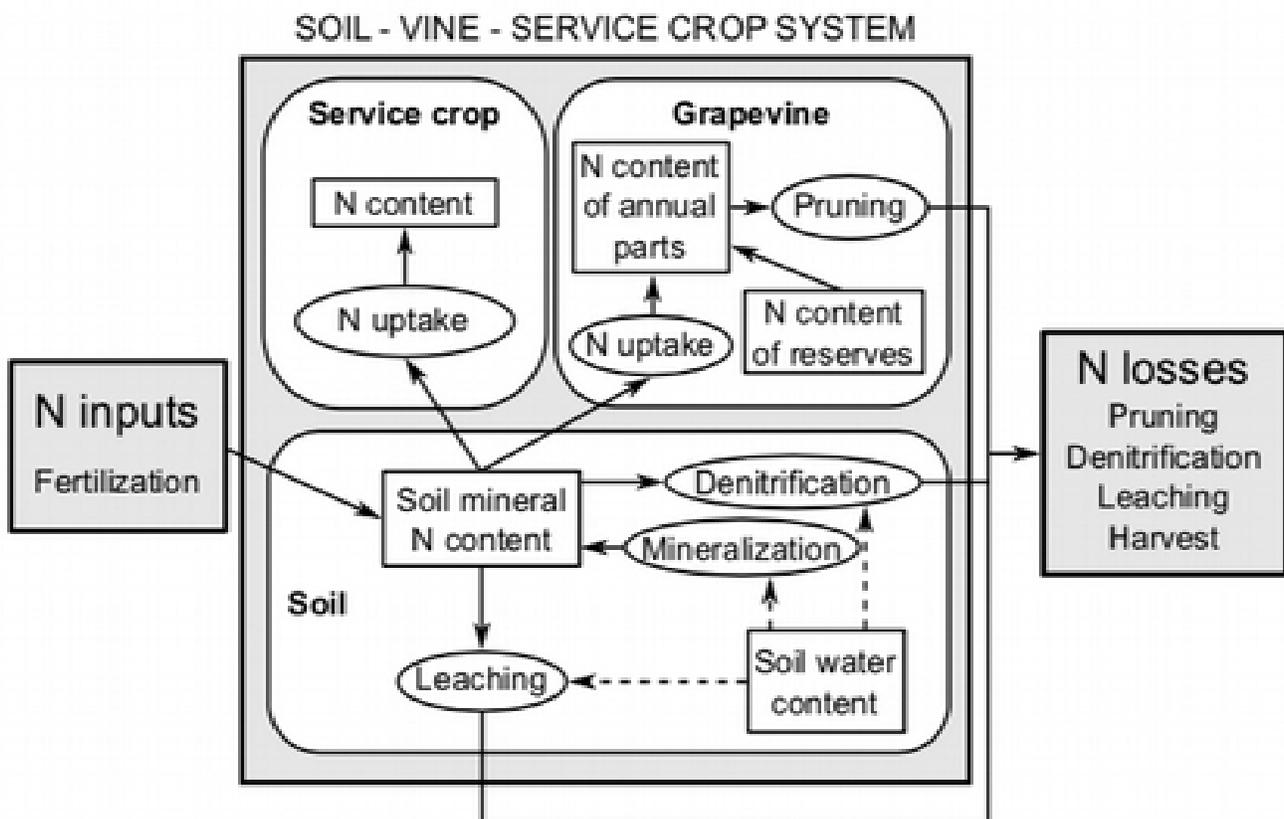


Figure 12: Modèle conceptuel de la dynamique de l'azote et du risque de concurrence en cet élément entre la culture de service et la vigne.  
(Garcia, 2018)

---

## *2. Une concurrence spatiale au niveau racinaire entre le couvert et la vigne*

Selon la nature du couvert végétal, certaines espèces se développent dans des horizons de surface au niveau de l'inter-rang, similaires à ceux de la vigne, ce qui tend à perturber l'exploration racinaire des ceps. C'est notamment le cas de la fétuque avec des racines qui peuvent parfois atteindre des profondeurs supérieures au mètre bien que 75 % des racines observées sont comprises dans les 50 premiers centimètres (Chantelot et al, 2004). Ce phénomène induit une exploration racinaire des vignes moindre sous un inter-rang enherbé en comparaison à un sol travaillé (Chantelot et al, 2004; Celette et al, 2008).

La hausse au cours du temps de la profondeur racinaire du couvert est corrélée négativement avec la densité de celle des vignes (Celette et al, 2008). La distribution racinaire de la vigne est altérée que ce soit pour des plantes annuelles ou pérennes (Celette et al, 2008).

Néanmoins la plasticité du système racinaire de la vigne contribue à limiter la compétition pour la ressource en eau. Le système racinaire de la vigne se concentrent sous le rang où la densité racinaire du couvert végétal est plus faible (Celette et al, 2008; Morlat and Jacquet, 2003). Cette distribution n'est pas seulement horizontale mais également verticale, prouvant ainsi qu'une vigne cultivée en présence d'un couvert végétal a tendance à se développer plus en profondeur (Celette et al, 2008).

La concurrence spatiale avec le couvert végétal conduit la vigne à rediriger son développement racinaire sous le rang et à limiter son développement au sein de l'inter-rang (Celette et al, 2008). Ce phénomène amène à un dessèchement du sol plus intense dans cette zone (figure 5).

## *3. Une concurrence minérale entre le couvert et la vigne*

De nombreux désavantages à l'enherbement sont visibles notamment le prélèvement des éléments minéraux à des moments clés du développement de la culture. A l'inverse de la concurrence hydrique, la concurrence azotée est plus précoce dans le temps et se crée dès le développement du couvert (Chantelot et al, 2004). Les couverts végétaux consomment de l'azote pour assurer leur croissance (figure 12) et réduisent ainsi la disponibilité de l'azote du sol pour la vigne (Pérez-Álvarez et al., 2015).

La redistribution du système racinaire permet à la vigne d'accéder à des ressources en eau plus en profondeur qui sont inaccessibles pour les couverts végétaux. En contrepartie, ces nouveaux horizons explorés par la vigne sont pauvres en azote, ce qui crée une concurrence pour l'azote induite par l'enherbement (Celette, 2007).

L'assèchement des horizons de surface par la transpiration du couvert diminue les processus de minéralisation de l'azote organique (favorisée par l'humidité) et la disponibilité de l'azote minéral (Celette, 2007).

En climat méditerranéen, la contrainte hydrique de la vigne en présence d'un enherbement accentue donc le déficit azoté de la vigne.

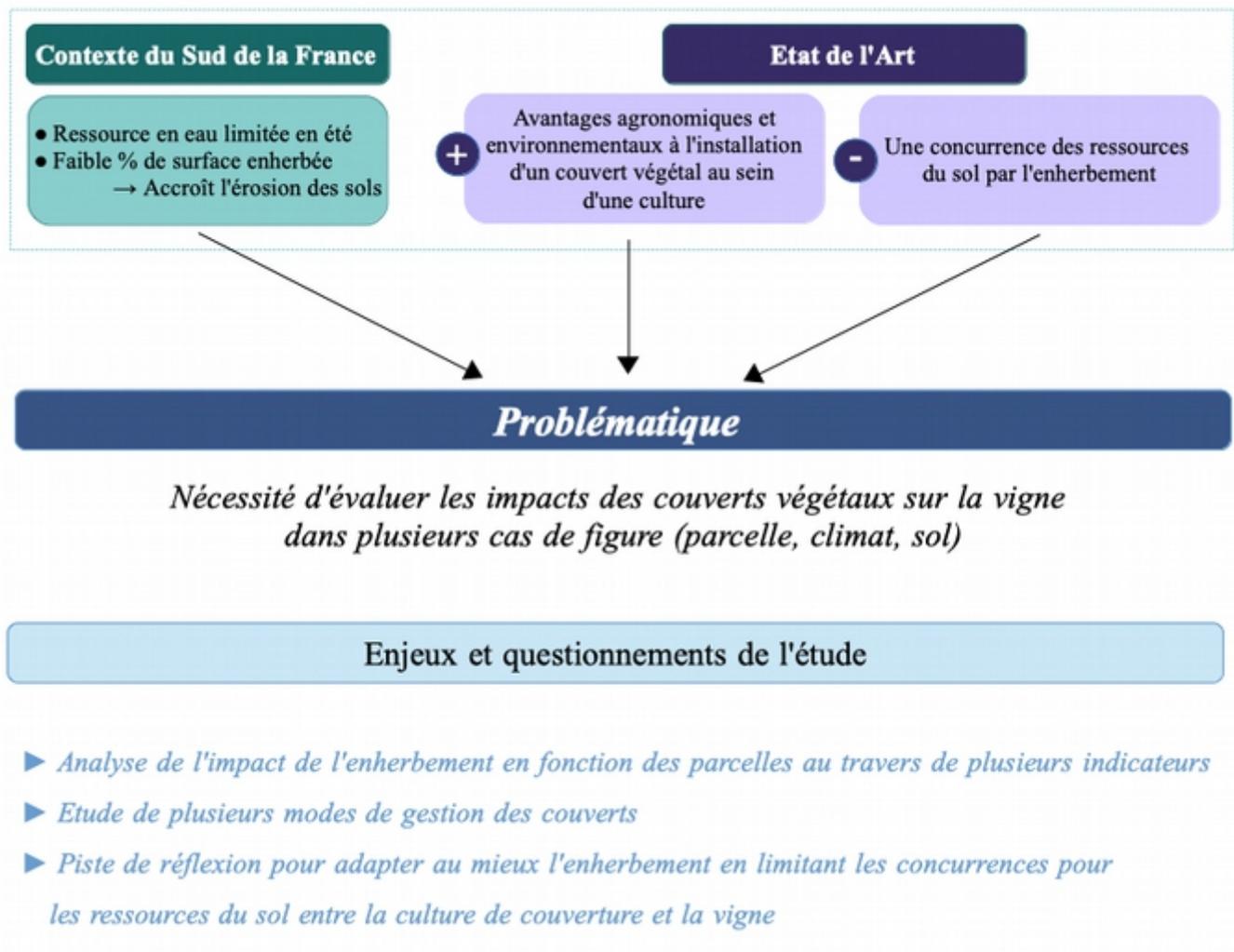


Figure 13: Résumé de la problématique et des enjeux de l'étude

---

## E. Problématique de l'étude

### 1. Concept de préservation des sols

L'érosion des sols cultivés (hydrique et éolienne) est une des préoccupations du secteur agricole, la ressource en sol étant un élément clé de la productivité. La perte moyenne d'un sol cultivé a été évaluée à plus de 12 t/ha/an à l'échelle européenne par Lovejoy et Napier en 1986 (FAO) alors que le seuil d'érosion tolérable est fixé à environ 1 t/ha/an (Verheijen, 2009).

Le concept de préservation des sols comprend un ensemble de pratique afin de maintenir un usage durable des sols. La mise en place d'un enherbement au sein des cultures est une des solutions les plus connues et les plus utilisées pour limiter la dégradation des sols.

### 2. Réflexions et problématique autour de l'enherbement : un système de culture en lien étroit avec le climat

L'enherbement génère une concurrence pour les ressources en eau et en azote qui sont plus rares dans le sud de la France (Celette et al, 2008). Les couverts végétaux tendent ainsi à réduire la croissance et la vigueur de la vigne, et affectent négativement le rendement final (Celette et al, 2008). Dans un contexte climatique peu propice, cette concurrence est perçue comme un frein à l'installation de couverts végétaux au sein d'un vignoble.

S'ajoute à ces périodes de sécheresse, les aléas climatiques notamment les gelées de printemps pouvant être accentuées en présence d'un enherbement (Guerra & Steenwerth, 2012).

L'année 2018 a néanmoins marqué un tournant en Languedoc-Roussillon. Les pluies printanières ont amené avec elles une pression mildiou rarement vue dans ce territoire. Sur certaines vignes travaillées, l'accès aux parcelles mal ou pas ressuyées a été difficile, compliquant la réalisation des traitements contre le mildiou (Vitisphere, article du 30/10/2018). Quelques rangées enherbées pourraient résoudre ce problème en favorisant la portance des sols pour le passage des machines (Chantelot et al, 2004).

La mise en place d'un couvert végétal reste une question complexe aux vues des changements climatiques. Au cours de ces trois dernières années, certains domaines ont été marqués par le gel en 2017 et par d'importantes pluies printanières en 2018. Ils ont également subi, à l'inverse, une période de sécheresse et un pic de température en 2019 (échaudage fin juin).

### 3. Problématique du mémoire et questionnements

Dans ce contexte, le laboratoire Natoli & associés qui dispose d'une activité de conseil viticole sur un large territoire compris dans le sud de la France cherche des éléments de réponse sur la mise en place d'un enherbement dans l'inter-rang. L'objectif de ce mémoire est donc d'étudier l'influence d'un couvert végétal inter-rang sur la vigne dans plusieurs contextes viticoles. L'idée est d'évaluer l'intérêt de la mise en place de ce système de non travail du sol vis à vis du risque qu'il peut représenter en terme de concurrence des ressources. La finalité de ce mémoire pour le laboratoire Natoli & associés est de mettre en avant des pistes de réflexion pour adapter au mieux le conseil viticole sur le choix et la gestion de ces enherbements en fonction des parcelles et du millésime. La problématique de cette étude peut être décomposée en plusieurs enjeux et questionnements (figure 13).

Tableau 3: Récapitulatif des caractéristiques des parcelles d'essais

Localisation			Matériel Végétal			Sol		Système de conduite			
Lieu	Altitude	Orienta-tion	Cépage	Porte-greffe	Année de plantation	Nature du sol	pH	Densité (pieds/ha)	Type de produit/Rendement moyen	Date de semis	Enherbement
Montblanc 34 29	~ 50 m	NO-SE	Syrah	SO4	1999	argile sableuse	8,4	4040	30 hl/ha	18/09/2019	Semis 1 rang sur 2 d'un mélange de radis fourrager et de féverole
Gaujac 30 330	~ 100 m	N-S	Syrah	x	x	sable argilo-limoneux	7,6	x	AOP Côtes du Rhône 40 hl/ha	Oct. 2016	Enherbement permanent à base de fétuque rouge (70%) et de Ray-gras (30%)
St Ambroix 30 500	~ 135 m	N-S	Cabernet-Sauvignon	3309 C	2005	limon sablo-argileux	7,6	4445	IGP Cévennes 40 hl/ha	Fin août 2019	Semis de trèfle sur tous les rangs
St Pons 07 580	~ 235 m	NO-SE	Syrah	3309 C	2015	argilo-calcaire	8,3	4167	IGP Ardèche 50 à 80 hl/ha	10/10/2019	- 2 rangs sur 3 : seigle forestier et vesce - 1 rang sur 3: trèfle incarnat

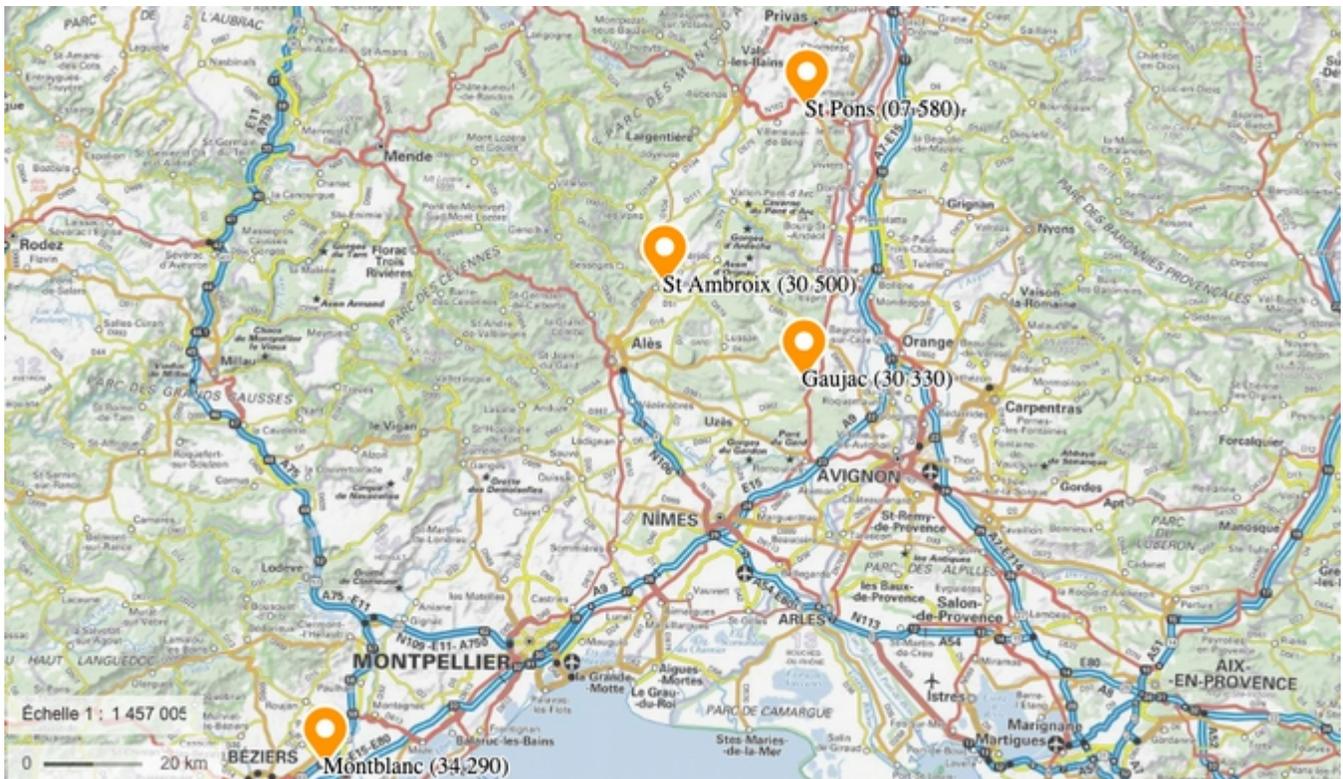


Figure 14: Localisation du réseau des quatre parcelles d'essai (Source: Géoportail)

---

## II. Matériels & Méthodes

### A. Parcellaire d'étude

#### 1. Choix et présentation du parcellaire

Un réseau de quatre parcelles a été sélectionné pour étudier plusieurs modes de gestion de l'enherbement. Ce choix a été réalisé sur les observations des ingénieurs conseils et les discussions avec les domaines accueillant cette étude. Le principal paramètre pris en compte est la nature de l'enherbement. L'objectif est d'avoir une diversité de couverts végétaux de manière à étudier le comportement de la vigne en fonction de ces derniers.

##### ◆ Une variété de couverts végétaux

Le choix s'est porté sur plusieurs types d'enherbement (tableau 3). La parcelle de St Ambroix se caractérise par un couvert de plusieurs sortes de trèfles, celle de St Pons par une intercalation de deux semis différents (un de trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*), et un de seigle forestier (*Secale cereale*) et vesce (*Vicia sativa*)). Les vignes de Montblanc disposent d'un enherbement semé à faible densité un rang sur deux de radis fourrager (*Raphanus sativus*) et de féverole (*Vicia faba*). La dernière parcelle, celle de Gaujac, se distingue des trois premières par un enherbement permanent à base de fétuque rouge (*Festuca rubra*) et de ray-grass (*Lolium perenne*).

##### ◆ Une diversité de terroir

Les parcelles se situent sur une large zone géographique (figure 14) allant du sud de l'Ardèche au sud-ouest de l'Hérault. En terme de sol et de sous-sol, les vignes se situent sur plusieurs ensembles géologiques (Annexe 1).

- La parcelle de St Pons se trouve dans le lit de l'Escoutay soit sur des alluvions récentes (Fz). Celles-ci sont constituées essentiellement par des galets basaltiques et calcaires (Elmi et al., 1996). Elle se compose en terrasse.
- Les vignes de St Ambroix, en terrasse, sont proches du lit de la Cèze et se situent également sur des alluvions (Fz). La Cèze, en provenance des Cévennes a déposé des sables, graviers, galets et une couverture limoneuse (Arene et al., 1978). Ces galets sont constitués de calcaire, de quartz, de schistes et de grès.
- Les vignes de Gaujac sont installées, elles aussi, sur des alluvions modernes fluviatiles (Fz) à limons gris fins et cailloutis (notice BRGM d'Uzès). Elle se situe dans une plaine.
- La parcelle de Montblanc, en plaine, se différencie des trois premières et se situe sur des cailloutis plus anciens datant du Villafranchien (-3,6 Ma à -0,78 Ma). Ces alluvions sont constituées principalement de galets siliceux très arrondis associés à des graviers et des limons argilo-sableux rougeâtres (Berger et al., 1981).

Ces parcelles présentent une diversité de climats. Les vignes de St Ambroix se caractérisent par un climat continental avec des épisodes Cévenols (1000 mm/an). St Pons et Gaujac sont sur un climat méditerranéen qui se rapproche du continental (entre 700 et 800 mm/an). Pour finir, la parcelle de Montblanc est sur une zone méditerranéenne plus sèche (600 mm/an).



*Figure 15: Rolofacat Roll' n'Sem® de Comin Industrie (source : Lucie Laville)*

---

◆ *Un matériel végétal et des systèmes de culture multiples*

Le cépage le plus représenté au sein de cet essai est la Syrah, seule la parcelle de St Ambroix se trouve être du Cabernet Sauvignon (tableau 3). Les parcelles d'essai se composent de deux porte-greffes différents : SO4 sur Montblanc, 3309 C sur St Ambroix et St Pons. Seul le porte-greffe de Gaujac reste inconnu.

Parmi ces parcelles, deux sont en conversion en agriculture biologique (St Ambroix et St Pons), une est en biodynamie (Montblanc) et la dernière est en conventionnel (Gaujac). Aucune de ces vignes ne dispose d'un système d'irrigation. Un désherbage mécanique est réalisé sous le rang à l'aide d'inter-ceps sur l'ensemble de ces parcelles. D'autres paramètres différencient l'ensemble de ces vignes : densité, âge, orientation, ... Ces derniers devront être pris en considération dans l'interprétation du comportement de la vigne en présence d'un couvert végétal. L'objectif est d'analyser l'impact de l'enherbement dans une situation réelle d'exploitation viticole.

## *2. Description des modalités*

Chaque domaine est constitué de deux modalités : une partie enherbée et une partie travaillée. Sur un des domaines (St Pons), la partie enherbée se décompose à nouveau en deux modalités : une roulée (à l'aide d'un Rolofaca, figure 15) et une tondue. L'idée est d'identifier de potentielles différences entre deux modes de gestion de l'enherbement.

Au sein d'un même domaine, les deux modalités étudiées (enherbée et travaillée) sont identiques en terme de matériel végétal, de sol, d'orientation et de système de conduite (taille, traitement phytosanitaire,...). L'expression végétative peut en effet être significativement différente pour un même enherbement entre deux porte-greffes différents (Barbeau et al, 2006). Seul le domaine de Gaujac ne dispose pas de cette information, l'hypothèse a été faite qu'il s'agissait du même matériel végétal. Le but est d'avoir comme seul paramètre discriminant : la mise en place d'un couvert végétal inter-rang.

Sur la majorité des domaines, il s'agit d'un enherbement sur tous les inter-rangs (tableau 1) avec au moins deux passages pour enlever l'herbe sous le rang (inter-cep et/ou pioché manuellement). L'herbe sous le rang de la parcelle de Gaujac a été enlevée un peu plus tardivement sous le rang (fin juin).

## *3. Sélection des ceps étudiés sur chaque modalité*

Un rang de référence est choisi au sein de chaque modalité. Pour les rangs enherbés, le choix du rang repose principalement sur des critères d'enherbement (densité, homogénéité, ...) et sur toutes les modalités l'état des vignes est pris en compte (vigueur, nombre de manquants, inflorescences...).

Au moins 5 souches sont localisées au sein de chaque rang afin d'avoir une représentation d'au moins 5 % des ceps contenus dans le rang. La parcelle de Montblanc présente ainsi 7 souches marquées vue la longueur du rang.

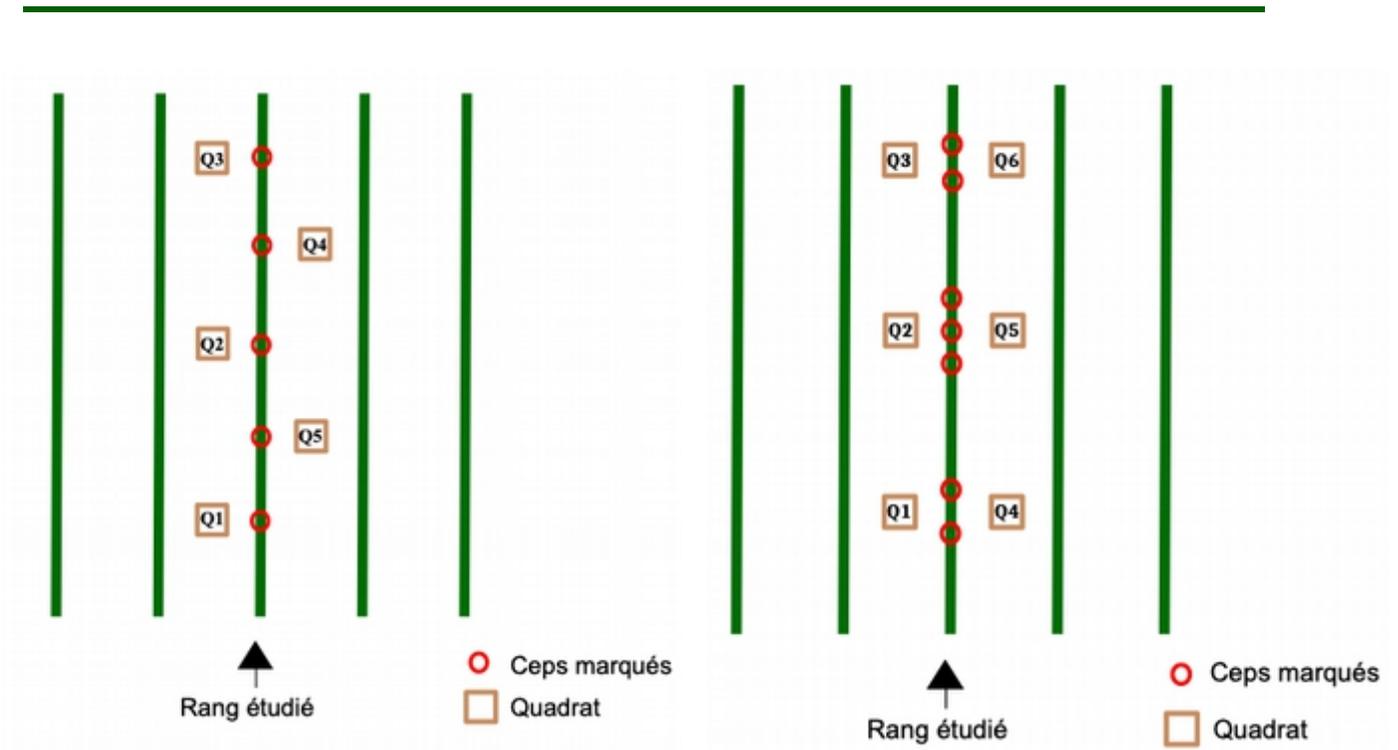


Figure 16: Échantillonnage des modalités enherbées avec la méthode des quadrats (à gauche parcelles de Gaujac, St Ambroix et St Pons ; à droite parcelle de Montblanc)



Figure 17: Quadrat de 0,25 m<sup>2</sup> (source: Lucie Laville)

---

Les souches sont sélectionnées au moment de l'analyse du couvert végétal. Dans un souci de représentativité, ces ceps ne sont pas présents sur les extrémités (première et dernière section du rang) et ne se trouvent pas à côté d'un pied manquant ni d'un piquet. Les individus sélectionnés ont été choisis sur un critère visuel avec des ceps à priori sains (absence de symptôme de carence ou de maladie), disposant d'inflorescences et d'une bonne surface foliaire.

#### *4. Données climatiques associées au parcellaire d'étude*

Chaque parcelle de l'essai est associée à une station météo située dans un rayon de moins de 20 kilomètres. Les données proviennent de différentes sources (ITK Vintel, Meteoblue® ou directement des données de station individuelle).

### **B. Analyse du couvert végétal et son effet sur le sol**

L'analyse du couvert végétal est réalisée sur les modalités enherbées et se base sur la méthode dite des points quadrats (Poilecot, 2002). Elle consiste dans le cas présent en un échantillonnage discret avec une répétition de 5 mesures situées dans les inter-rangs entourant le rang étudié (figure 16). Exception faite pour la parcelle à Montblanc qui est enherbée un rang sur deux. Dans ce cas précis, trois répétitions sont réalisées sur chacun des inter-rangs entourant le rang étudié (figure 16). Le quadrat d'une surface de 0,25 m<sup>2</sup> (50 cm x 50 cm, figure 17) permet de délimiter un espace et de comptabiliser toutes les espèces présentes au sein de ce dernier. Au cours des mesures, une souche a été identifiée en face de chaque quadrat, voire deux à trois pieds pour la parcelle de Montblanc (figure 16).

Cette analyse a été faite au moment où le développement végétal était considéré à son maximum (début mai), soit, pour une majorité des parcelles, un peu avant la destruction de l'enherbement.

#### *1. Identification des espèces du couvert végétal et détermination du taux de couverture*

Pour chaque quadrat, les espèces semées sont identifiées et les espèces non semées sont répertoriées par grande famille. Les plantes les plus abondantes présentes naturellement dans le milieu sont répertoriées comme les espèces semées. L'identification de cette diversité végétale s'est faite à l'aide de l'application smartphone PlantNet, de la eFlore du site internet Tela-Botanica et de l'ouvrage de Bonnier et De Layens.

Le taux de couverture (projection au sol de la surface occupée par les plantes) au sein de chaque quadrat est déterminé à l'aide d'une photo prise de dessus (figure 17). Un quadrillage (5 x 5) est appliqué par transparence sur chacune de ses photos pour améliorer la précision de détermination des zones occupées par la végétation (Field Studies Council). Le pourcentage de couverture est une méthode plus rapide mais également plus subjective.

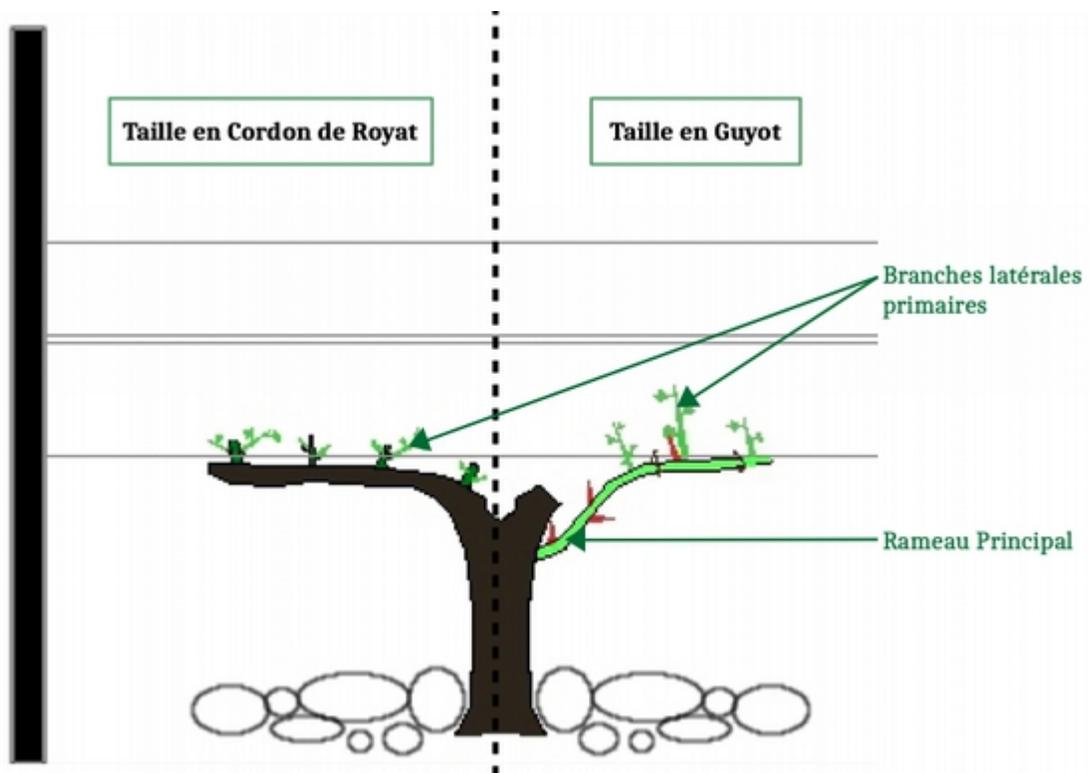


Figure 18: Représentation des rameaux principaux et des branches latérales primaires sur deux types de taille

---

## *2. Mesure de la biomasse végétale (fraîche et sèche)*

Un prélèvement de toute la biomasse aérienne est réalisé ainsi qu'un tri permettant de différencier et de rassembler les mêmes espèces ou des plantes de la même famille. Les mesures sont faites sur une biomasse non ressuyée, soit ni après une pluie, ni au moment de la rosée. Chaque groupe d'espèce est pesé (balance Tefal de capacité 5 kg) afin d'en déterminer la biomasse fraîche au sein de chaque quadrat.

La biomasse sèche est déterminée après déshydratation de chaque échantillon dans une étuve (Modèle Memmert) à une température de 65°C pendant cinq jours.

## *3. Estimation des éléments restitués avec la méthode MERCI*

Le modèle MERCI (Méthode d'Estimation des Éléments Restitués par les Cultures Intermédiaire) a été développé par la Chambre d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine en 2010. Il permet de calculer sur un couvert végétal semé, la biomasse produite (tonne/ha) par les cultures intermédiaires ainsi que la restitution potentielle d'azote à la culture suivante (en kg/ha). Une fois obtenues les teneurs en azote, on leur applique un facteur « racine » pour prendre en compte l'azote présent dans le système racinaire de la plante, soit + 10 % à + 50 % en fonction de l'espèce. Il donne également une estimation du potassium et du phosphore.

Cette estimation est faite sur l'ensemble des espèces contenues au sein du modèle MERCI. Les "adventices" sont exclues de ce calcul. En revanche, les espèces spontanées qui sont comprises au sein de grandes familles telles que les légumineuses ou les graminées sont intégrées à ces calculs.

## **C. Analyse du développement végétatif, suivi de l'état hydrique et minéral de la vigne**

### *1. Etude de la croissance de la vigne*

L'étude de la croissance de la vigne est un indicateur intéressant puisqu'il permet d'évaluer l'effet dépressif d'un déficit en eau ou en azote sur le développement végétatif (Chantelot, E., Celette, F., & Wery, J. 2004). Il a été montré que la longueur finale des branches latérales primaires est sensible à des déficits hydriques modérés (Pellegrino et al, 2005). Un autre indicateur est néanmoins plus sensible à des déficits hydriques même légers, il s'agit du rapport final du nombre de feuilles sur les branches latérales secondaires au nombre de feuilles sur les branches latérales primaires (Pellegrino et al, 2005). Dans un souci de praticité, le choix s'est porté sur la mesure de la vitesse d'élongation des branches latérales primaires comme indicateur précoce des déficits en eau (figure 18). La mesure de la longueur finale des branches latérales primaires n'a pas pu être mise en œuvre, les vignes étant écimées vers la fin du printemps.

$$V_{el} = \frac{L_{t+1} - L_t}{T}$$

$V_{el}$  : Vitesse d'élargissement des rameaux (cm / j)

$L_t$  : Longueur moyenne du rameau pour la mesure au temps  $t$  (cm)

$T$  : Différence de temps séparant les deux mesures (j)

Figure 19: Formule de mesure de la vitesse d'élargissement des branches latérales primaires en cm/jours



Figure 20: Montage de la chambre à pression pour les mesures de potentiel hydrique de tige (source : Lucie Laville)

Déficit hydrique	Potentiel tige (Mpa)	Potentiel feuille (Mpa)	Potentiel base (Mpa)	$\delta 13C$	Fraction d'eau du sol disponible (FTSW)
Absence	-0,6<	-0,9<	-0,1<	<-26	36%<
Léger	[-0,6;-0,9[	[-0,9;-1,1[	[-0,2;-0,3[	[-24,5 à -26[	21%-36%
Léger à modéré	[-0,9;-1,1[	[-1,1;-1,3[	[-0,3;-0,5[	[-23 à -24,5[	7-21%
Modéré à fort	[-1,1;-1,4[	[-1,3;-1,4[	[-0,5;-0,8[	[-21,5 à -23[	1-7%
Fort	<-1,4	<-1,4	<-0,8	-21,5<	<1%

D'après Van Leeuwen et al. (2009), Célette (2007), Ojeda (2007)

Figure 21: Déficits hydriques associés à chaque mesure (IFV)

---

Pour chaque souche marquée au sein du rang de référence, deux rameaux primaires ont été identifiés. Ces derniers ont été choisis en fonction de leur vigueur et de la présence d'inflorescence. La mesure réalisée sur ces rameaux correspond à la distance entre la base du rameau et l'apex. L'objectif de cette mesure est d'arriver à déterminer une vitesse de croissance moyenne sur la période étudiée.

Ces mesures ont été faites deux fois dans l'année juste avant l'écimage des vignes. Une première a été effectuée entre le 17 et le 20 mai sur toutes les vignes suivi d'une deuxième 7 à 14 jours plus tard en fonction des parcelles. A l'exception de la parcelle de St Pons où un écimage plus tardif a permis de faire une troisième mesure début juin. La vitesse de croissance des rameaux est ensuite calculée (figure 19).

## *2. Suivi de l'état hydrique de la vigne*

L'état hydrique de la vigne a été estimé par une mesure de potentiel hydrique foliaire de tige. Celle-ci est considérée comme une des plus précises parmi les trois applications de la chambre à pression (Choné et al, 2000). Cette méthode est sensible aux faibles contraintes et permet d'obtenir plus de discrimination.

Le potentiel de tige se mesure en journée au moment où la photosynthèse est active et la demande climatique forte. La mesure est faite sur une feuille préalablement ensachée (IFV Occitanie), au moins une heure avant pour arrêter sa transpiration (Choné et al, 2000). De cette manière, le potentiel hydrique de feuille s'équilibre avec celui du rameau et nous renseigne sur l'état de tension de l'eau au sein de la plante lorsque le feuillage transpire. Le potentiel de tige reflète ainsi bien les flux de sève à travers le tronc et les rameaux de la vigne amenant à une bonne corrélation avec la transpiration (Choné et al, 2000).

Des mesures de potentiel hydrique foliaire de tige ont été réalisées sur chacun des pieds entre 12h et 16h (IFV Occitanie) à l'aide d'une chambre à pression (figure 20). Deux feuilles sont ensachées sur chaque souche marquée. La feuille est ensuite prélevée dans son sac par rupture du pétiole à la base du rameau. Ce dernier est ensuite coupé plus précisément avec un cutter bien aiguisé. La feuille ensachée est introduite dans l'orifice de la chambre à pression qui est refermé par la suite. Seul le pétiole en ressort et l'étanchéité est faite autour de lui. La chambre est alors mise sous pression progressivement. Le potentiel hydrique de tige est déterminé au moment de l'apparition d'humidité sur le pétiole.

Plus la pression exercée est forte pour provoquer l'apparition d'humidité, plus la vigne se trouve en stress hydrique (figure 21). Les mesures ont été répétées à trois moments différents : fin juin, début mi-juillet et début mi-août. Seule la dernière mesure n'a pas été réalisée sur la parcelle de Gaujac pour des raisons de temps.

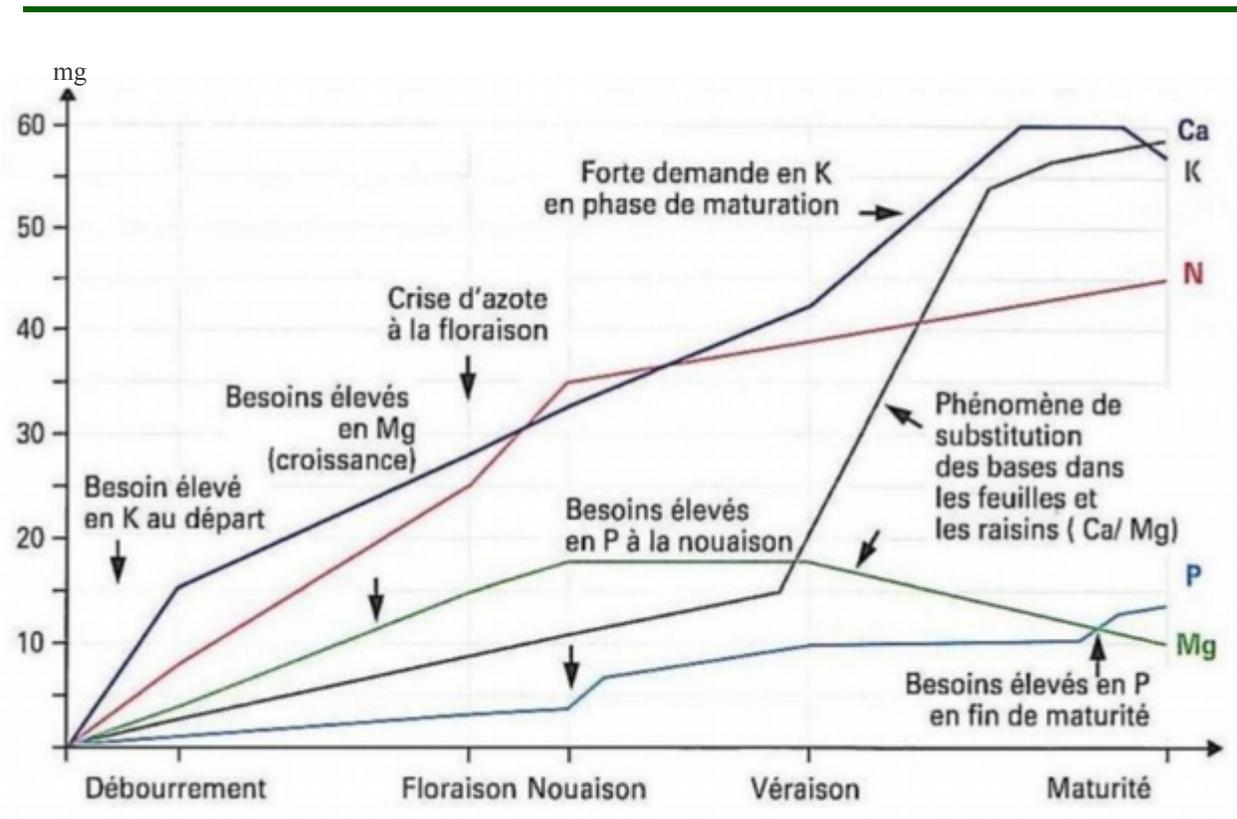


Figure 22: Assimilations des macro-éléments au cours du cycle végétatif de la vigne (Couderc J., 2015)

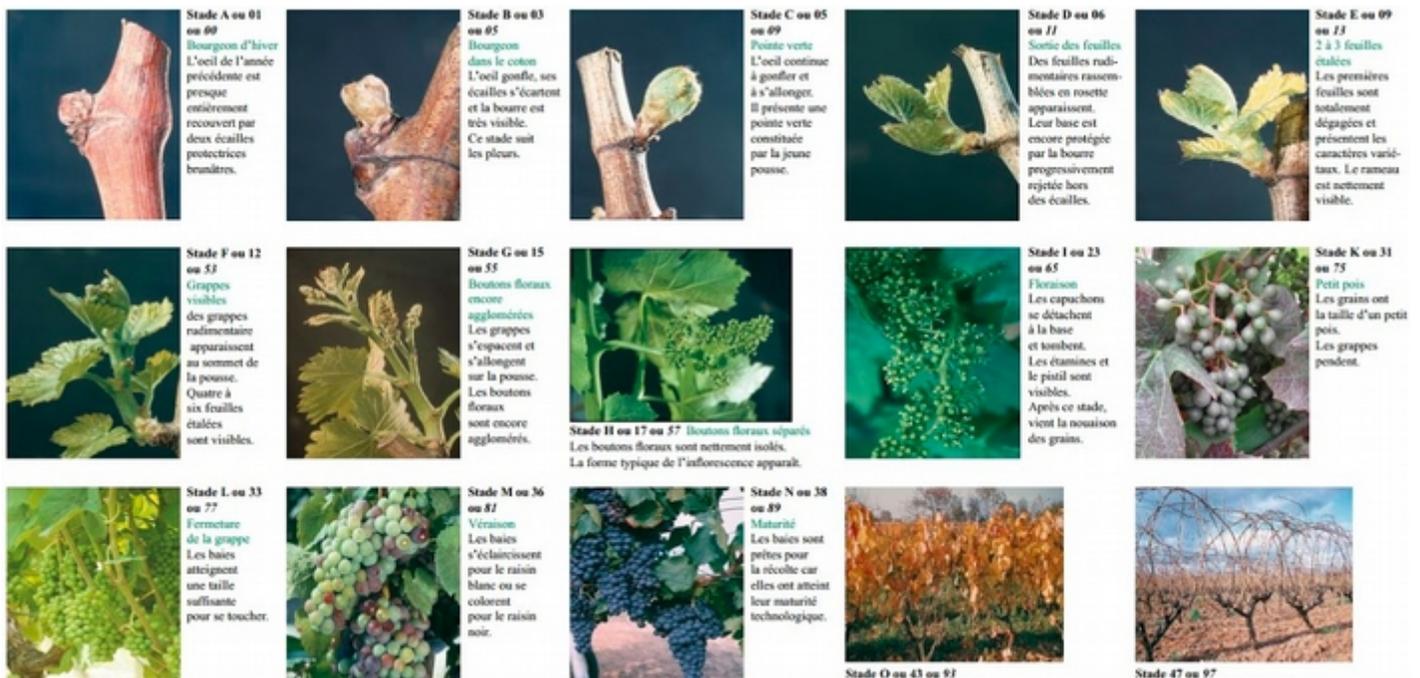


Figure 23: Les stades phénologiques de la vigne (IFV)

---

### 3. *Suivi de l'état minéral de la vigne à travers l'analyse pétiolaire*

L'analyse pétiolaire évalue l'absorption de 11 éléments minéraux présents au sein de la vigne dont des macro-éléments (N, P, K, Mg et Ca) ainsi que des oligo-éléments (Fe, Mn, B, Zn, Na, Cu). Ces analyses pétiolaires sont réalisées par la SRDV (Société de Recherche et de Développement Viticole). L'ensemble de ces éléments sont dosés par un spectromètre ICP-AES THERMO Scientific iCAP 6000 Series. L'azote est analysé en routine à partir d'un NIRS (Near InfraRed System): un spectromètre FOSS. Les résultats des éléments majeurs (N, P, K, Mg et Ca) sont obtenus en multipliant les teneurs en pourcentage de matière sèche par le poids sec de 100 pétioles (mg/100 pétioles). Cette unité permet de prendre en compte la vigueur de la vigne. Pour les oligo-éléments, l'unité est un ratio qui exprime le poids de chaque élément par rapport aux autres soit en pourcentage de matière sèche (ou ppm) (SRDV). Ces analyses donnent une information des assimilations de la plante à un temps donné. L'absorption des éléments minéraux fluctue en fonction des stades ainsi que des modes de gestion du vignoble (figure 22, SRDV).

Les analyses pétiolaires ont été réalisées à deux stades phénologiques différents : taille de pois et véraison (figure 23). La première a été fixée à taille de pois dans le but d'accentuer les différences entre les deux modes de gestion du sol (enherbé et travaillé). Certains sols de la modalité travaillée ont en effet été labourés au cours du mois de mai.

Des prélèvements de pétioles ont été fait sur l'ensemble de chaque rang de référence et de chaque côté de ce même rang. Un échantillon minimal de 45 grammes de pétioles est nécessaire pour réaliser l'analyse, soit entre 50 et 80 pétioles en fonction du cépage et du stade phénologique. Le prélèvement s'effectue à partir d'un protocole précis (annexe 2). Les pétioles ramassés se situent en face de la première inflorescence. Ce mode opératoire détaillé permet de limiter les effets de variabilité dus à des gradients de concentration en fonction de la position du pétiole sur le rameau (Couderc, J., 2015).

#### D. *Analyse du développement fructifère de la vigne*

Pour de multiples raisons dont la principale est liée à une vendange précoce, ce suivi a pu être réalisé sur une seule parcelle au milieu du mois de septembre (le 18 septembre). Il s'agit de la parcelle de St Ambroix.

##### 1. *Estimation du rendement*

En viticulture, le rendement utilisé couramment correspond au poids de la vendange par unité de surface à l'hectare. Le rendement a été estimé sur chaque modalité de cette parcelle à l'aide d'un comptage simple (IFV Occitanie, figure 24). Pour chaque rang étudié, un comptage de tous les raisins a été fait sur les cinq ceps. Quelques grappes ont ensuite été prélevées et pesées sur ces mêmes pieds de vignes. Une analyse statistique a été faite afin de mettre en avant ou non une différence dans le poids des grappes sur chaque modalité.

Un rendement rapporté à l'hectare a ensuite été estimé pour chaque vigne marquée au sein des modalités enherbées et travaillées.

$$R = N_s \times N_g \times P$$

*R* : Rendement (kg/ha)

*N<sub>s</sub>* : Nombre de souches par hectare

*N<sub>g</sub>* : Nombre de grappes par souche

*P* : Poids moyen d'une grappe (kg)

Figure 24: Formule de mesure d'estimation du rendement en (kg/ha) (IFV Occitanie)

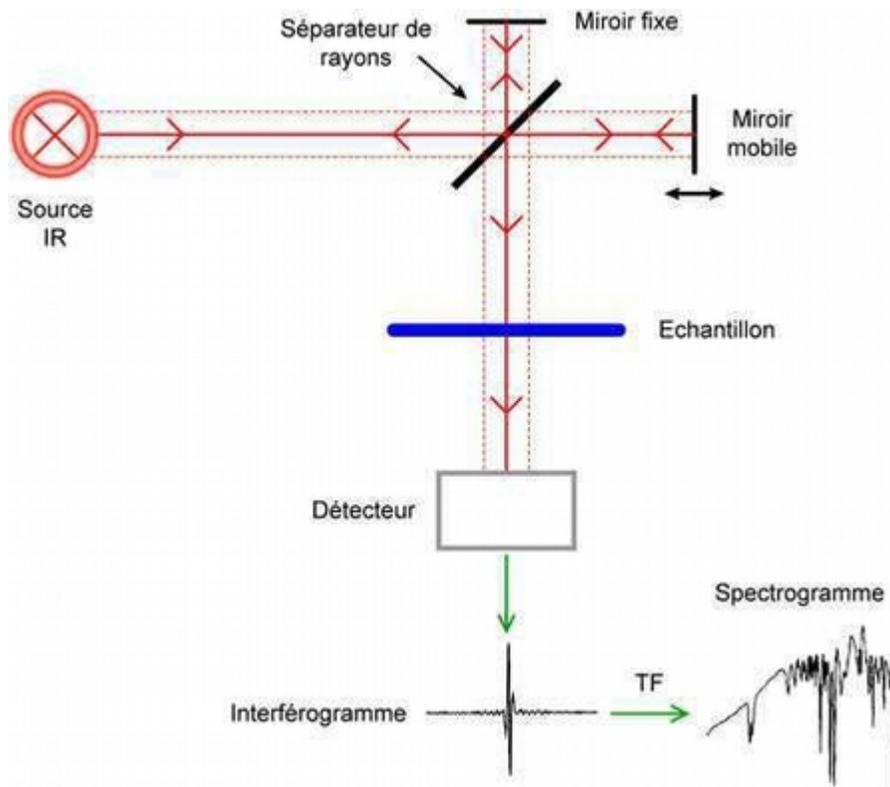


Figure 25: Principe de fonctionnement d'un IRFT (Vial B. et al., 2014)

---

## 2. Analyse œnologique

Les grappes prélevées sur le même pied de vigne sont pressées ensemble. Le jus issu de cette pressée est analysé en contrôle maturité au sein du laboratoire Natoli & associés. Cette analyse est réalisée à l'aide d'un IRTF, InfraRouge à Transformée de Fourier (CEno Foss Winescan™). Cette technique se base sur les propriétés physico-chimiques des composés organiques contenus dans le vin. Elle utilise la capacité de vibration des liaisons inter-atomiques des molécules sous l'action d'un rayonnement infrarouge donné (Dubernet 2000). Ce processus s'accompagne d'une consommation de l'énergie lumineuse de la longueur d'onde caractéristique (dépendante de la nature de la molécule) et permet ainsi d'identifier et de quantifier la molécule considérée (figure 25).

Cet instrument mesure une vingtaine de paramètres notamment : le glucose, le fructose, le titre alcoométrique potentiel, la densité, l'acidité totale, l'acidité volatile, le pH, l'acide malique, l'acide tartrique, le potassium, l'azote aminé, l'azote ammoniacale, l'azote assimilable et le delta C13. Cette dernière mesure est basée sur l'analyse du rapport entre le carbone 12 et le carbone 13. Il constitue un indicateur de la contrainte hydrique de la vigne au moment de la maturation (IFV Occitanie).

### E. Tests statistiques utilisés

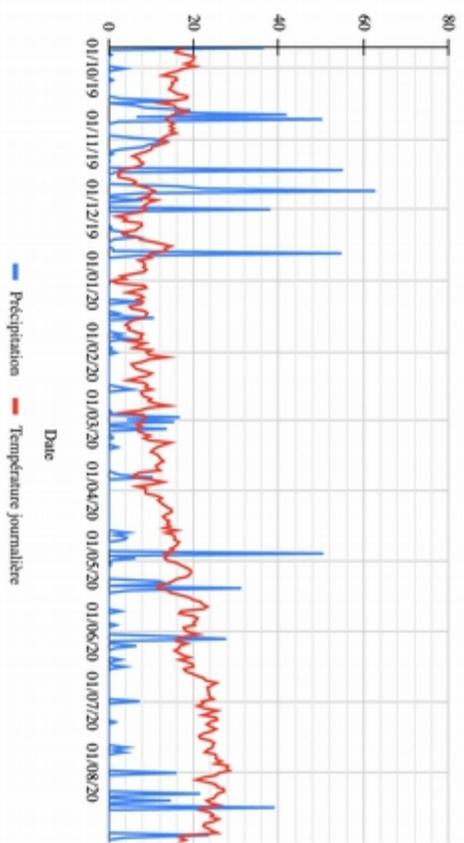
L'ensemble des tests statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel R studio.

Sur les secteurs de Gaujac, St Ambroix et Montblanc, les données de vitesse d'élongation des rameaux, de potentiel hydrique de tige, de poids des grappes, de rendement et de l'analyse des moûts ont été analysées par le test de Student. En cas de non-respect des conditions de normalité (test de Shapiro-Wilks) et d'homogénéité des variances, un test non paramétrique de Wilcoxon Mann Whitney a été effectué. Pour ces deux tests (Student et Wilcoxon Mann Whitney), l'hypothèse  $H_0$  est : " les moyennes ne sont pas significativement différentes". Si  $H_0$  est validée ( $p$ -value > 0,05), les moyennes sont statistiquement similaires.

Sur le secteur de St Pons comprenant trois modalités, une ANOVA à un facteur a été appliquée sur ces mêmes paramètres. Le test de Kruskal Wallis (non paramétrique) a été choisi dans le cas où les conditions d'utilisation de l'ANOVA n'étaient pas validées (homogénéité et homoscedasticité).

Une ACP (Analyse en Composantes Principales) a été utilisée suite à l'analyse des moûts. Il s'agit d'une méthode descriptive permettant de visualiser sous forme graphique l'information contenue dans un tableau de données quantitatives. L'ACP représente sur un plan une projection des individus en fonction de leurs valeurs pour les différents paramètres analytiques.

### Données climatiques de la station de St Pons



### Données climatiques de la station de Servian

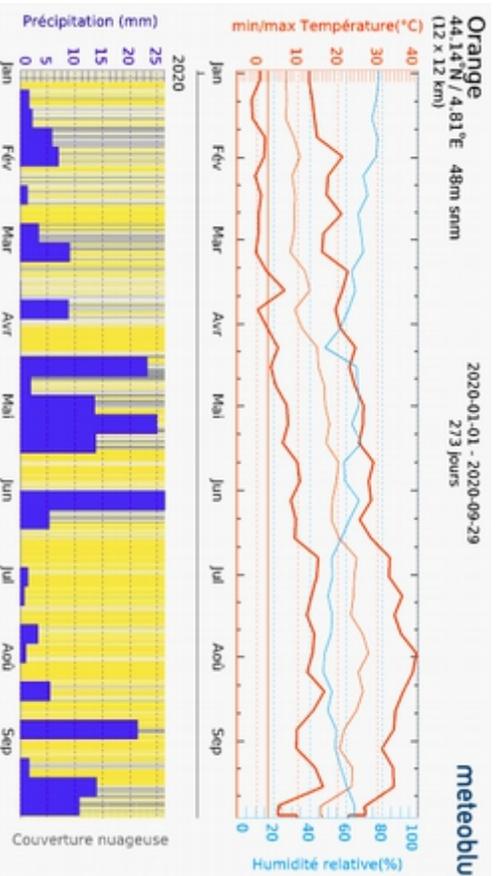
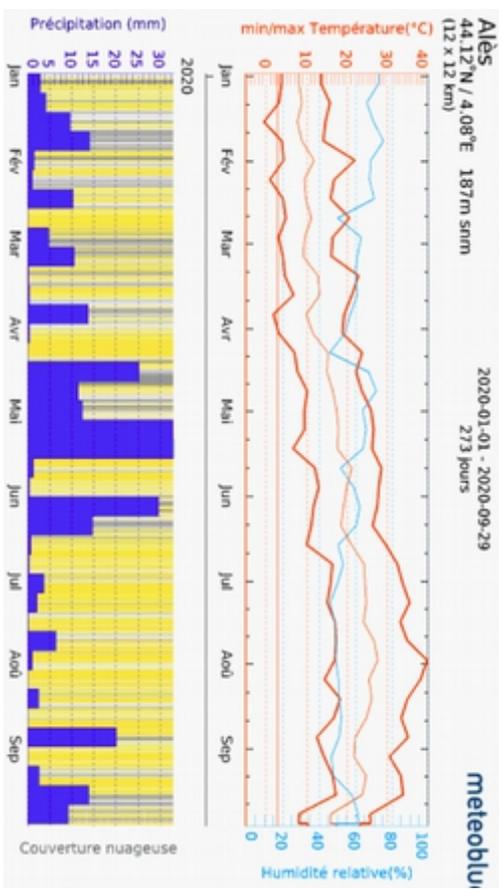
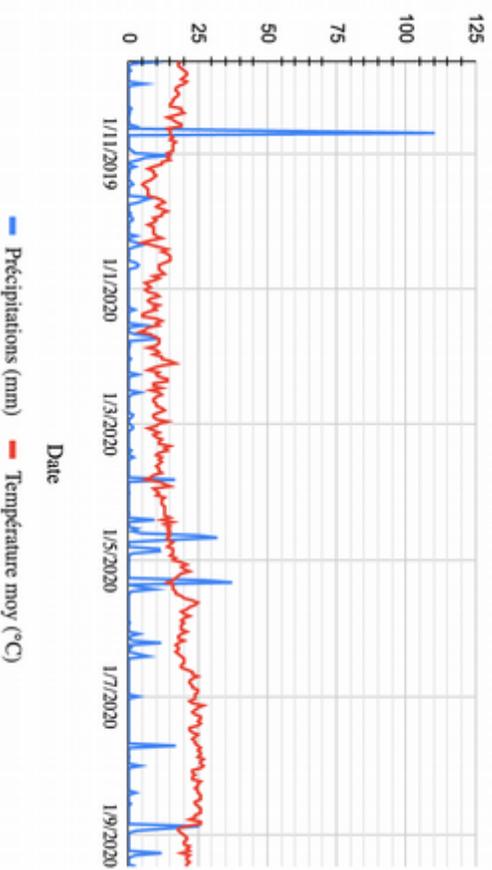


Figure 26: Données météorologiques de l'année 2020 à proximité des parcelles d'essai (Météoblue, ITK Vintel, Station personnelle)

---

## III. Résultats

### A. Caractérisation du millésime 2020

#### 1. Période automnale et hivernale (2019/2020)

La période automnale 2019 a été marquée dans le secteur d'Alès, de Servian et d'Orange par d'importants épisodes Cévenols sévères vers la fin du mois d'octobre avec un cumul de pluies atteignant plus de 100 mm en quelques jours. Les épisodes pluvieux sont plus éparés sur St Pons (Figure 26) à cette période de l'année.

Les températures sont restées douces sur l'ensemble de ces secteurs jusqu'à la fin du mois d'octobre en descendant rarement en dessous des 10°C.

L'hiver a été moins généreux en terme de pluviométrie sur le secteur de Servian (moins de 60 mm). Les précipitations sont plus fréquentes au nord-est avec de petits épisodes pluvieux en janvier et février ainsi qu'une pluie plus conséquente mi-décembre qui a été favorable au rechargement de la réserve utile du sol.

#### 2. Période printanière

Les températures de ce début de printemps ont été particulièrement chaudes pour la saison. Elles ont conduit à un débourrement précoce des vignes avec presque une semaine d'avance (calcul basé sur le modèle FENOVTIS). En Ardèche, les parcelles ont par endroit gelé au printemps avec des températures minimales (-1,7 °C le 25 mars) suivi d'un petit épisode de neige le 26 mars. Les vignes les plus précoces ont subi les dégâts du gel. Les pertes ont été moindres sur les Syrah notamment la parcelle d'essai grâce à un débourrement plus tardif.

Cette période printanière se rapproche de celle connue en 2018 avec une pluviométrie plus marquée et plus fréquente que la normale notamment sur le secteur de Servian. Elle se caractérise par deux épisodes pluvieux de plus de 40 mm, un premier en avril et un deuxième en mai. L'humidité associée à des températures douces a été favorable au développement du mildiou sur des secteurs historiquement moins sensibles à la pression de cette maladie cryptogamique. Le début du mois de juin s'est poursuivi avec quelques pluies qui ont été favorables au bon développement végétatif de la vigne.

#### 3. Période estivale

Les épisodes pluvieux sont plus rares au mois de juillet et d'août. L'ensemble de ces secteurs a néanmoins bénéficié d'une pluie fin août qui a permis de rafraichir la végétation.

A l'inverse de l'été 2019 marqué par une période de sécheresse et un pic de chaleur fin juin dans le sud de la France, les températures de cet été 2020 sont restées modérées. La station de Servian enregistre ainsi une température moyenne de 23 °C le 28 juin loin du pic de chaleur connu en 2019 (31 °C en moyenne journalière).

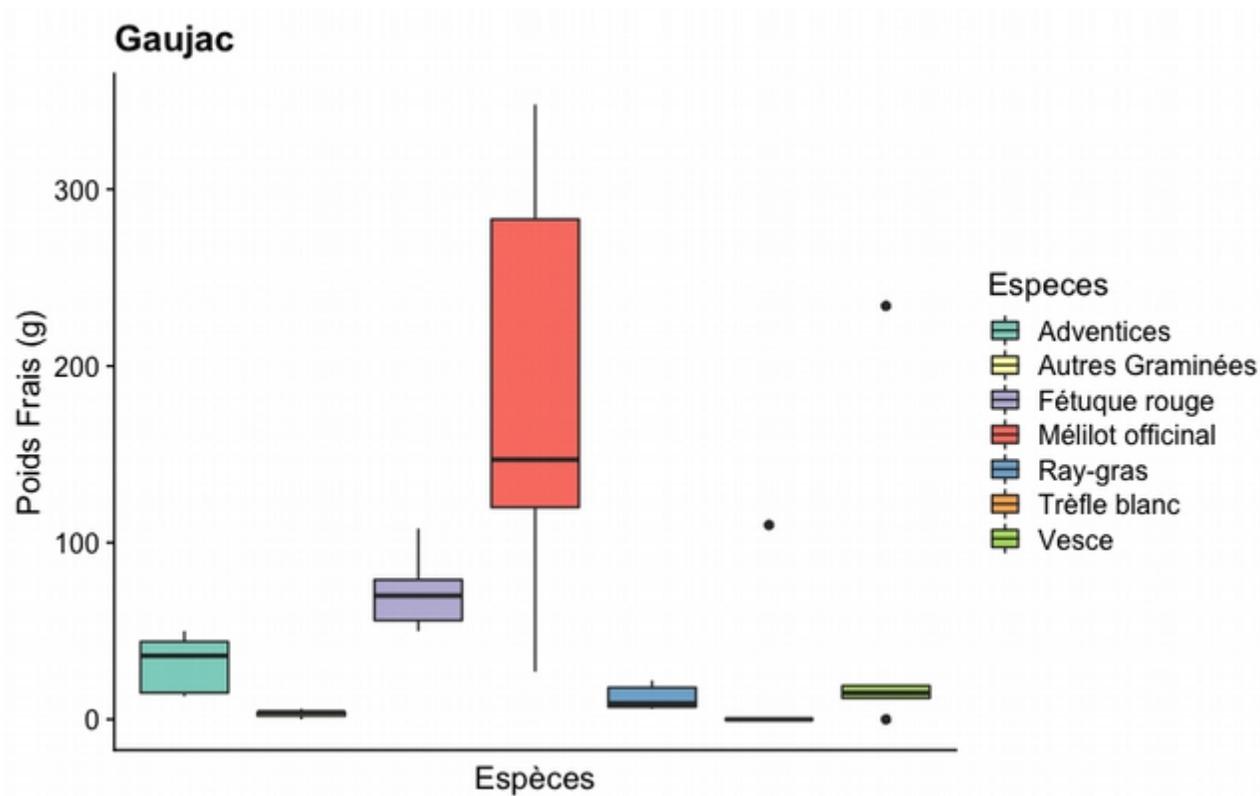
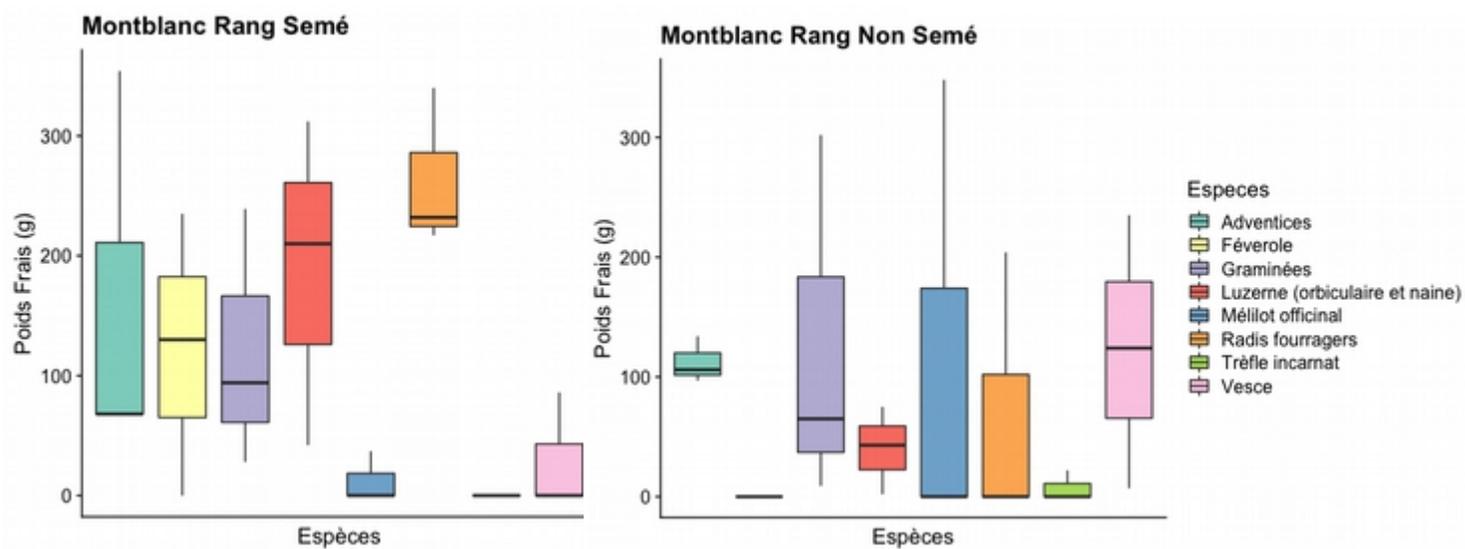


Figure 27: Répartition de la biomasse fraîche au sein des couverts de Montblanc et de Gaujac (g)

- 
- **Période printanière pluvieuse** : bonne recharge en eau des sols viticoles.
  - **Période estivale avec des températures modérées mais peu de pluies** : maintien de la végétation et phénomène de défoliation moins marqué en comparaison à 2019.

## B. Caractérisation des couverts végétaux

### 1. Une diversité en terme de couverts végétaux

Les couverts mis en place sur chaque domaine disposent d'une multitude de forme et de diversité.

Le domaine de Montblanc privilégie la biodiversité : la faible densité de semis profite à une plus grande variété d'espèces (annexe 3 et figure 27). Les adventices et les graminées représentent plus de 30 % du couvert (annexe 3) dans la rangée semée à plus de 40 % dans celle non semée. Des légumineuses se sont également développées spontanément (luzerne et mélilot officinal). Ces dernières forment un joli tapis qui reste peu concurrentiel pour la vigne. En effet, ces espèces finissent leur cycle fin juin. Les enherbements avec légumineuses sont régulièrement observés cette année, le printemps humide semble y avoir été favorable. On retrouve également le mélilot officinal sur la parcelle de Gaujac (figure 27). Dans la rangée semée de Montblanc, le radis fourrager est l'espèce prédominante en termes de biomasse, la féverole se retrouve seulement en troisième position derrière les luzernes. Dans le rang non semé, quelques radis fourragers sont présents mais la vesce reste l'espèce la plus représentée suivi du mélilot officinale. L'importante biomasse de vesce et de féverole confirme l'observation faite par Léo Garcia (2018), ces deux plantes disposent de forts niveaux de production de biomasse.

En comparant les deux rangées (annexe 3), il s'avère que la rangée semée montre une biomasse plus importante en comparaison à celle non semée. Cette différence de biomasse entre un couvert semé et spontané est mise en avant dans une précédente étude menée par Steenwerth et al. (2010).

Sur Gaujac, un « salissement » du semis de graminées est visible. Le mélilot officinal s'est développé spontanément, il s'agit de l'espèce la plus représentée. Elle détient presque la moitié de la biomasse fraîche du couvert (figure 27), suivi par la fétuque rouge. Un peu de trèfle blanc s'est également implanté de manière ponctuelle. Le couvert végétal de Gaujac dispose de la biomasse la plus importante sur les quatre enherbements étudiés. Cette forte valeur s'explique en partie par l'importante proportion de mélilot officinal (Fabacées). Dans la thèse de Léo Garcia, réalisée en 2017, les valeurs de biomasse les plus élevées se retrouvent au sein des communautés dominées par les espèces de cette famille.

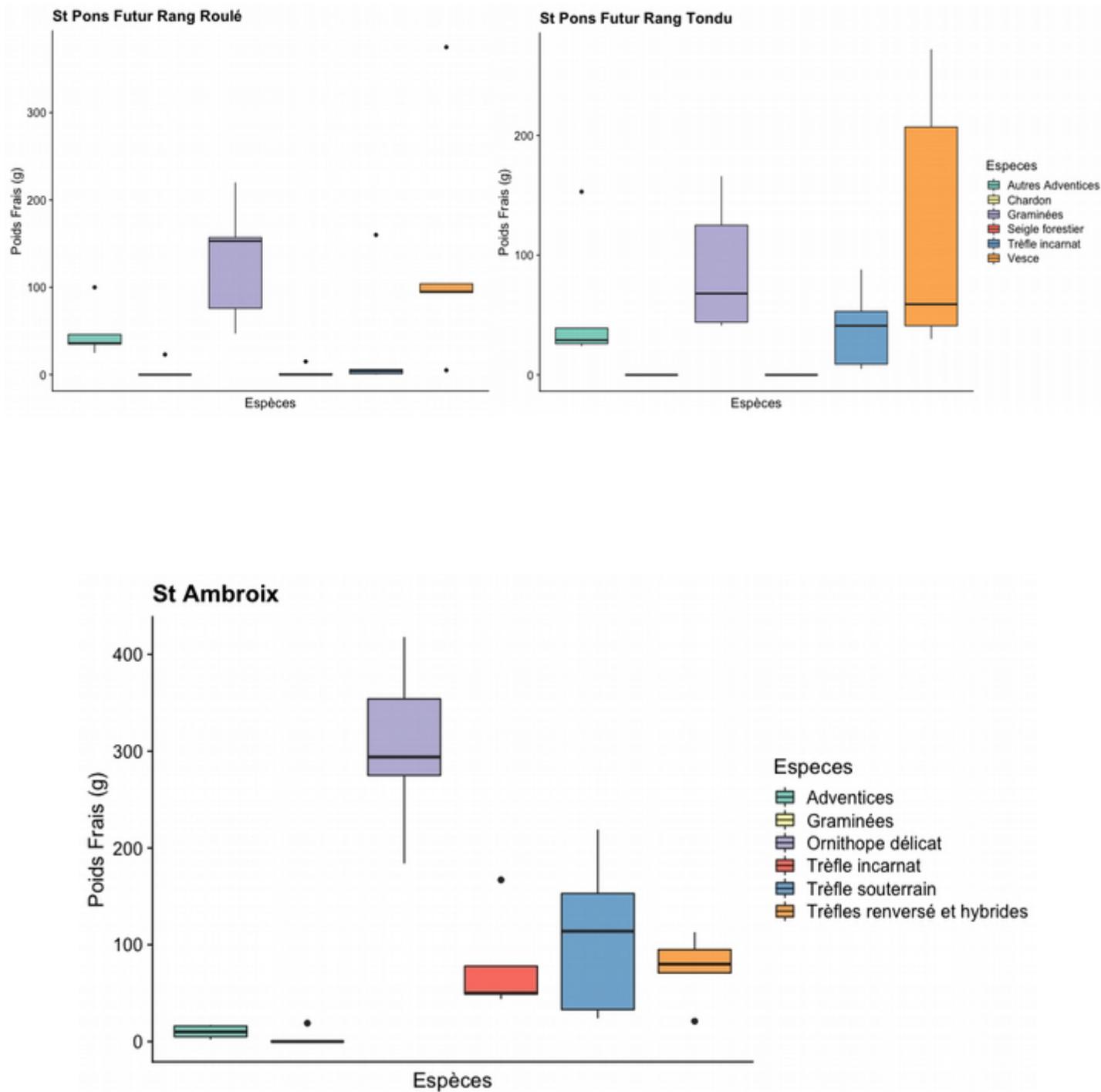


Figure 28: Répartition de la biomasse fraîche au sein des couverts de St Ambroix et de St Pons (g)

---

Les rangées des deux modalités (Roulée et Tondue) de St Pons sont assez proches l'une de l'autre (annexe 4). Le seigle forestier contenu dans le mélange semé n'a pas été retrouvé au sein du couvert (figure 28). La vesce s'est en revanche très bien développée et détient à elle seule entre 38 % et 40 % de la biomasse du couvert (annexe 4). Les graminées, ici très nombreuses, participent à au moins 29 % de la biomasse, contrairement au trèfle incarnat qui en constitue une faible part.

La parcelle de St Ambroix est une des plus homogènes en termes de couvert végétal. Elle se caractérise par un semis composé exclusivement de trèfles (souterrains, incarnats, hybrides et renversés). Une autre espèce apparaît spontanément au sein de ce couvert et compose étonnamment un peu plus de la moitié de la biomasse, il s'agit d'un *Ornithope délicat*, *Ornithopus perpusillus* (figure 28). Le trèfle souterrain est l'espèce la plus représentée en terme de biomasse. Les autres trèfles se partagent l'espace à part égale avec d'un côté le trèfle incarnat et de l'autre les trèfles hybrides et renversés (figure 28).

A noter, au moment du prélèvement au sein de la parcelle de Gaujac, de nombreux insectes pollinisateurs butinaient les couverts végétaux semés. Ils étaient, en revanche, beaucoup moins nombreux au sein de l'enherbement naturel. Ces observations sont similaires à celles faites par Lagerlöf et al. (1992). Ces derniers ont constaté que les légumineuses semées étaient plus attractives pour la plupart des groupes d'insectes, en particulier les abeilles et les bourdons. Une observation identique a été faite sur le couvert de St Pons à proximité des trèfles incarnats. Il semblerait que cette espèce ait un effet attractif sur les pollinisateurs.

**Bonne implantation des couverts végétaux semés dans l'inter-rang.  
Importante proportion de légumineuses au sein de ces enherbements.**

## *2. Une maîtrise des adventices hétérogène au sein des couverts*

La concurrence entre espèces au sein d'un même couvert varie fortement en fonction de la densité du semis et des espèces choisies (Ovalle et al., 2007). Aux vues des analyses des couverts végétaux, il apparaît des divergences en terme de maîtrise du développement des adventices (classées ici dans les catégories « Autres Graminées » et « Autres adventices »). Le couvert végétal qui semble le mieux adapté à les maîtriser est celui de St Ambroix (figure 28). Les graminées et les adventices sont quasiment absents de ce couvert (moins de 3 % de la biomasse du couvert). La partie non semée destinée à la modalité travaillée est en revanche composée en grande majorité de ces adventices (rumex, buglosses, andryales, divers astéracées, géranium, ...). Cette concurrence peut en partie s'expliquer par la présence de trèfle souterrain. Cette espèce rampante dispose d'une grande capacité et une rapidité de recouvrement du sol, la rendant ainsi très concurrentielle pour les autres plantes. Le tapis que le trèfle souterrain forme a un effet étouffant. Cette concurrence du trèfle souterrain vis à vis des adventices a été préalablement observée au sein de plusieurs études (Porqueddu et al., 2000 ; Steinmauss et al., 2008). De plus, il semble que les couverts végétaux aient un effet négatif important sur les espèces spontanément présentes dans le milieu (Ovalle et al., 2007).

Tableau 4: Taux de couverture de chaque quadrat sur les modalités enherbées

Taux de Couverture	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
<b>Montblanc</b>	90%	87%	93%	88%	91%	95%
<b>Gaujac</b>	90%	87%	88%	87%	97%	
<b>St Ambroix</b>	92%	97%	96%	97%	95%	
<b>St Pons (Modalité Roulé)</b>	93%	94%	75%	88%	91%	
<b>St Pons (Modalité Tondue)</b>	93%	93%	78%	77%	80%	

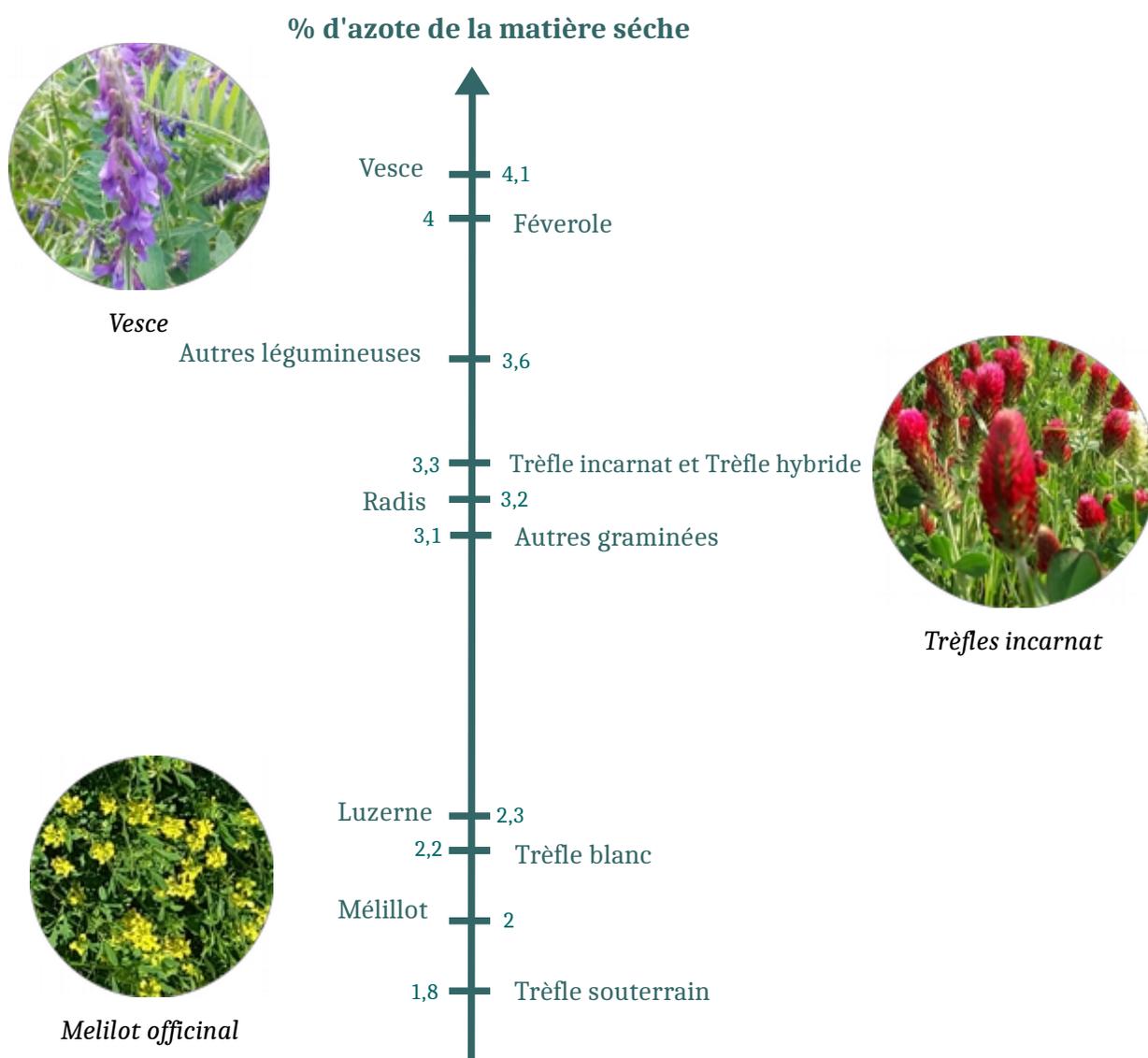


Figure 29: Pourcentage d'azote de la matière sèche en fonction de chaque espèce étudiée au sein des couverts des parcelles d'essai (Méthode MERCI, source : Lucie Laville)

---

**Bonne maîtrise des adventices sur les couverts de trèfles en particulier avec le trèfle souterrain.**

### 3. *Taux de couverture*

L'estimation du taux de couverture nous donne une information sur la capacité des couverts végétaux à occuper l'espace. Dans l'ensemble, les enherbements présents au sein des quatre parcelles d'essai ont tous un taux de couverture supérieure à 75 % (tableau 4). Le taux de couverture le plus hétérogène est celui de la parcelle de St Pons, ce qui peut en partie s'expliquer par une mauvaise dispersion des graines au moment du semis. A l'inverse, la parcelle de St Ambroix dispose du taux le plus stable et le plus élevé. Ces hautes valeurs peuvent à nouveau s'expliquer par la nature du semis avec la présence de trèfle souterrain qui à une bonne capacité à recouvrir le sol (Porqueddu et al., 2000).

**Taux de couverture supérieure à 75 % sur les inter-rangs enherbés.**

### 4. *Restitution des éléments potentiels avec la méthode MERCI*

La méthode MERCI apporte une indication sur la restitution potentielle de chaque couvert en azote, phosphore et potassium. Il s'agit bien d'une estimation et non pas d'une valeur absolue, certaines espèces ayant été exclues de ces calculs (« autres adventices »). D'autres plantes ont été classées au sein de grandes catégories ce qui amène à une donnée approximative de restitution et non pas à la valeur spécifique pour une espèce donnée.

Les restitutions potentielles d'azote des plantes sont très éloignées les unes des autres (figure 29). Certaines légumineuses disposent de grandes capacités de restitution azotée (féverole, radis fourrager, vesce, trèfle incarnat, perse et hybride). Néanmoins, ce n'est pas une généralité au sein de la famille des Fabacées. La luzerne, le mélilot et certains trèfles (blanc et souterrain) ont une faible capacité de restitution azotée. Les graminées montrent, quant à elles, une restitution modérée d'azote.

Concernant les autres éléments (P et K), peu d'espèces disposent de bonnes restitutions en phosphore. La féverole, le radis fourrager, la luzerne et le mélilot sont les plantes avec les plus forts niveaux en cet élément. A noter, il n'existe pas de données de restitution en phosphore et en potassium pour le trèfle souterrain dans le modèle MERCI.

Les capacités de restitution en potassium sont globalement bonnes, dépassant 3 % de la matière sèche de la plante jusqu'à 4% pour le radis. Seules les graminées ont des restitutions potentielles moindres pour cet élément.

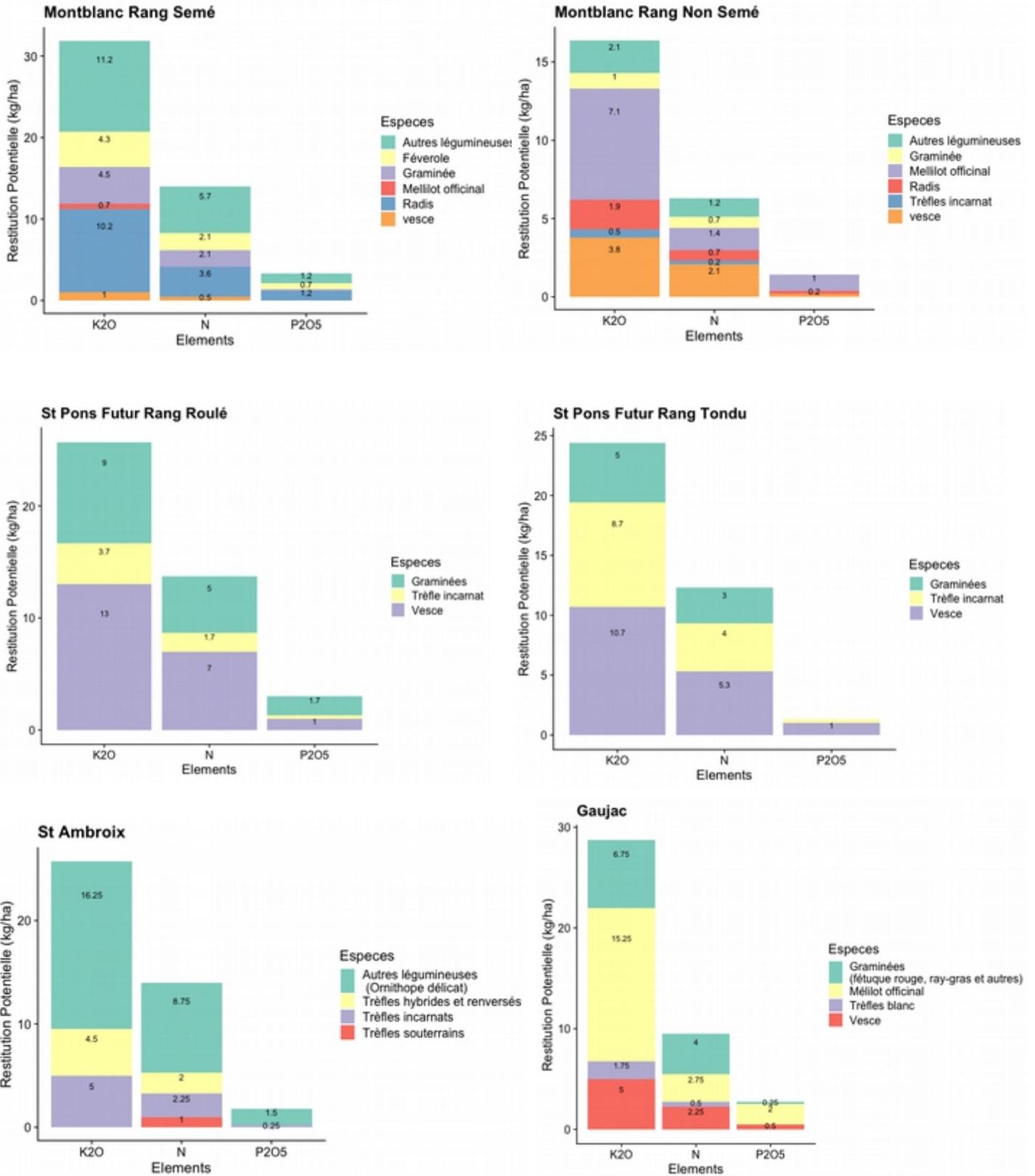


Figure 30: Restitution des éléments potentiels avec la méthode MERCI sur l'ensemble des parcelles (kg/ha)

---

Ces différences de capacité de restitution des éléments minéraux en fonction des plantes tendent à favoriser la parcelle de St Ambroix et de St Pons au niveau de l'azote, allant de 12 à 14 unités d'azote restituées par hectare (annexe 5, figure 30).

Au niveau du phosphore, l'ensemble des enherbements est assez proche avec une restitution potentielle de l'ordre d'une unité par hectare.

Le potassium est un des éléments avec le plus haut taux de restitution avec plus de 24 kg/ha d'oxyde de potassium (K<sub>2</sub>O). La parcelle de Gaujac détient la plus grande capacité de restitution en potassium attribuée pour une grande partie à l'espèce mélilot officinal. Ce niveau plus élevé du potassium au sein des couverts de légumineuse est mis en avant par l'étude d'Ovalle et al. (2007).

- **Azote**: une restitution potentielle plus élevée sur le couvert de St Ambroix (trèfles et ornithope délicat) et celui de St Pons (vesce, trèfle et graminée)
- **Phosphore** : une restitution faible sur l'ensemble des couverts
- **Potassium** : restitution potentielle la plus importante, le double de celle de l'azote. Le couvert de Gaujac dispose du plus haut taux de restitution de cet élément (mélilot officinal, vesce, graminées)

## C. Impact de l'enherbement sur le développement végétatif, la nutrition hydrique et minéral de la vigne

### *1. Incidence de l'enherbement sur la croissance de la vigne*

L'élongation des branches latérales primaires a été mesurée entre le mois de mai et de juin. Elle donne une première indication sur des différences de déficits hydriques modérés entre les modalités. Sur les parcelles de Montblanc, Gaujac et St Ambroix, les données ne montrent pas de différence significative de vitesse d'élongation en fonction de la couverture du sol (annexe 6). Les modalités enherbées et travaillées gardent donc des vitesses de développement végétatif (ici des branches latérales) assez proches. Le même constat est observé sur la parcelle de St Pons où les modalités roulées, tondues et travaillées disposent de vitesse d'élongation similaire quel qu'en soit la période (annexe 6).

Une tendance se dégage néanmoins sur Gaujac et Montblanc avec une vitesse d'élongation du rameau plus faible en présence de l'enherbement : à Gaujac 2,7 cm/j contre 3,4 cm/j pour le sol travaillé et à Montblanc 3,6 cm/j contre 4,1 cm/j. La parcelle de St Ambroix est quant à elle très homogène avec une vitesse allant de 3,65 cm/j sur la partie enherbée à 3,68 cm/j pour celle travaillée. A l'inverse, à St Pons ce sont les vignes travaillées qui ont une plus faible vitesse d'élongation (1,9 cm/j contre 2,6 à 2,8 cm/j pour celles enherbées).

Dans l'ensemble, les couverts végétaux ne semblent pas affecter le développement végétatif de la vigne au cours de la période printanière. Les pluies de ce printemps ont également pu contribuer à bien recharger la réserve utile du sol. La compétition pour la ressource en eau s'est ainsi montrée moins présente cette année permettant de limiter les déficits hydriques modérés.

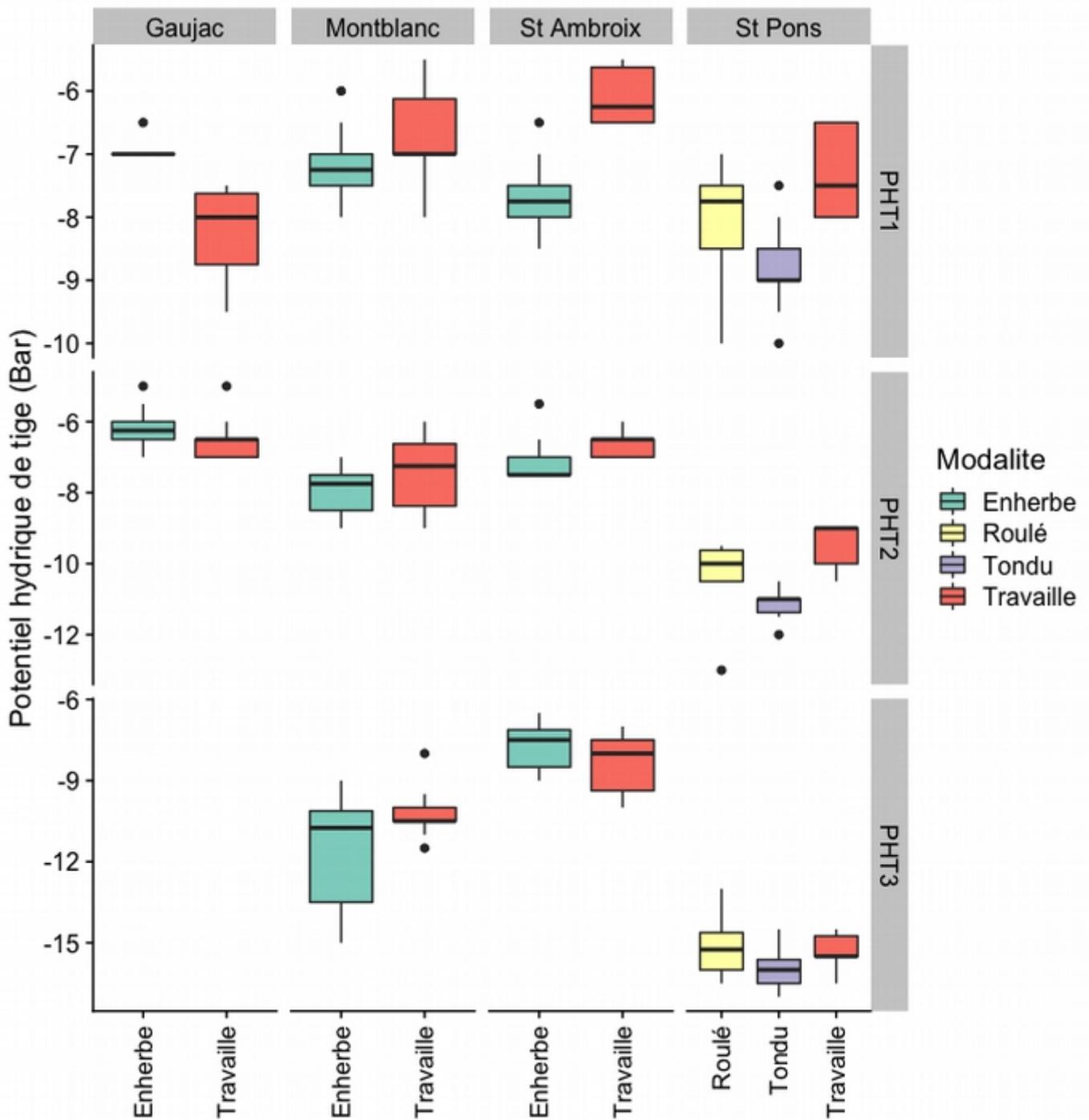


Figure 31: Potentiel Hydrique de Tige (PHT) sur l'ensemble des parcelles d'essai  
 1 : Fin juin ; 2 : Début juillet ; 3 : Début mi-août

---

**Absence de différence significative de la croissance des rameaux entre les modalités enherbées et travaillées sur l'ensemble des parcelles d'essai.**

## *2. Evolution de l'état hydrique de la vigne*

L'eau est essentielle à la durabilité de la viticulture et est un facteur clé dans la viabilité économique d'un vignoble. La disponibilité en eau pour la vigne en présence d'un enherbement est donc une question centrale.

Le potentiel hydrique de tige est un indicateur intéressant pour suivre la contrainte hydrique au sein de chacune des modalités.

- **Fin juin**

Les premières mesures de potentiel hydrique de tige reflètent les différences entre les parcelles d'essais ainsi que les types de couvert. Les modalités des parcelles de Montblanc et de St Pons ne se différencient pas statistiquement du point de vue du déficit hydrique. A l'inverse, les données de potentiel hydrique de tige de Gaujac et St Ambroix sont significativement différentes entre les deux modalités (figure 31, annexe 7). Elles ne présentent cependant pas le même résultat final. La modalité enherbée de St Ambroix dispose d'un déficit hydrique plus marqué par rapport à celle travaillée (figure 30). Elle se rapproche des observations déjà faites au sein de plusieurs études (Chantelot et al., 2004 ; Steenwerth et al., 2008 ; Garcia, 2018). Le constat est inversé sur Gaujac avec un déficit plus marqué sur la partie travaillée. Il est néanmoins à noter une hétérogénéité entre les deux modalités des vignes de Gaujac, celle travaillée étant constituée de nombreux manquants. Cet état plus fragile peut être à l'origine de ce déficit hydrique. La conséquence ne serait pas forcément liée à la présence d'enherbement.

Malgré des différences non significatives sur les parcelles de Montblanc et de St Pons, des tendances se dégagent. La partie travaillée de Montblanc possède un déficit hydrique moins marqué en comparaison à celle enherbée (figure 31). Le constat est similaire sur St Pons. S'ajoute à cette observation, un plus faible déficit hydrique sur la partie roulée par rapport à celle tondue. Cela tend à confirmer les données issues de l'étude de Van Huyssteen (1984), la plus haute humidité était trouvée sur les parcelles avec le mulch de la culture de couverture (modalité roulée).

- **Début Juillet**

Les mesures faites début juillet se rapprochent sur Gaujac avec des données qui ne sont pas significativement différentes entre chaque modalité. En revanche, les mêmes différences se maintiennent sur le secteur de St Ambroix. Les données issues des vignes de St Pons deviennent significativement distinctes (figure 31). Celles de Montblanc sont en revanche très proches.

L'écart se creuse entre les modalités de St Pons et le déficit hydrique s'intensifie à cette période de l'année, ce qui peut en partie s'expliquer par des précipitations moins fréquentes courant juin (figure 31) et un sol moins profond (dalle calcaire)

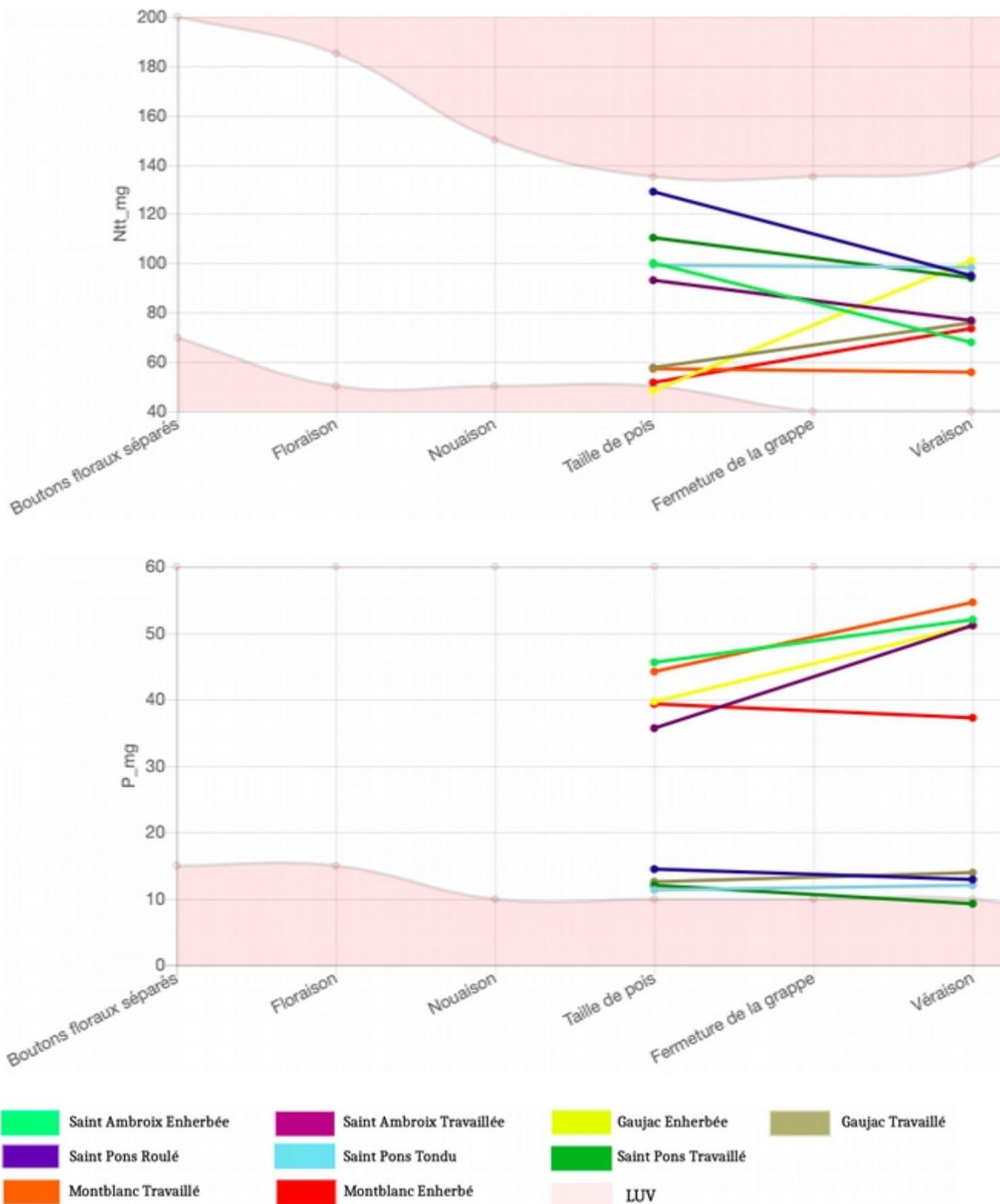


Figure 32: Evolution de l'assimilation en azote et en phosphore sur chaque modalité (mg/100 pétioles) (SRDV)

---

Les parcelles de St Ambroix et de St Pons gardent un déficit hydrique plus modéré sur la partie travaillée en comparaison à celle enherbée. La parcelle de Montblanc maintient la même tendance avec un déficit hydrique légèrement plus élevé en présence de l'enherbement. Les modalités de la parcelle de Gaujac sont quant à elles, très proches à cette période.

La constatation est similaire à celle faite début juin sur les vignes de St Pons. La modalité roulée présente un déficit hydrique moindre (différence significative, annexe 8) en comparaison à celle tondue (figure 31).

- **Début à mi-août**

Les données de potentiel hydrique de tige (1<sup>ère</sup> quinzaine d'août) ne montrent aucune différence significative (annexe 8) entre les modes de gestion de l'enherbement sur l'ensemble des parcelles.

Les mêmes tendances se dégagent avec des déficits hydriques moins prononcées sur les modalités travaillées en comparaison à celle enherbées. Sur St Pons, la ressource en eau est mieux préservée là où l'herbe a été roulée par rapport à là où elle a été broyée. Cette différence peut s'expliquer par une réduction de la température du sol et de l'évaporation de l'eau grâce au mulch formé au sein de l'inter-rang (Hartwig et Ammon, 2002).

La parcelle de St Pons présente le déficit hydrique le plus marqué ; ce qui peut en partie s'expliquer par l'âge de la vigne (5 ans). Le système racinaire d'une jeune vigne est moins bien installée et tend à limiter la capacité d'absorption de l'eau du sol par la plante (Ruiz-Colmenero et al., 2011).

- **Les déficits hydriques sont légèrement plus marqués sur les modalités enherbées au début de l'été. Cette différence tend à s'atténuer plus en avant dans la saison. Ce constat est très similaire à celui fait par Chantelot, Celette et Wery en 2004 (figure 5).**
- **La modalité roulée de St Pons semble mieux supporter le déficit hydrique en comparaison à celle tondue.**

### *3. Suivi de l'état minéral de la vigne à travers l'analyse pétiolaire*

Les analyses pétiolaires réalisées au stade taille de poids et véraison mettent en avant des tendances. Elles ne permettent néanmoins pas de conclure à des assimilations significativement différentes d'un point de vue statistique compte tenu du protocole de prélèvement et de mesure (annexe 2). En revanche, il est possible de mettre en lumière des différences en prenant en compte l'incertitude d'analyse fixée ici à 20 %.

- **Azote (N)**

Les assimilations azotées sont variables en fonction des parcelles, il n'y a pas de grande tendance qui se dégage au stade taille de pois (figure 32). A noter, toutefois des teneurs en azote sur Gaujac et Montblanc plus faibles sur les modalités travaillées en comparaison aux modalités enherbées. A l'inverse la partie enherbée de St Ambroix ainsi que celle roulée de la Syrah de St Pons dispose d'un niveau azoté plus important que ceux des parties travaillées.

---

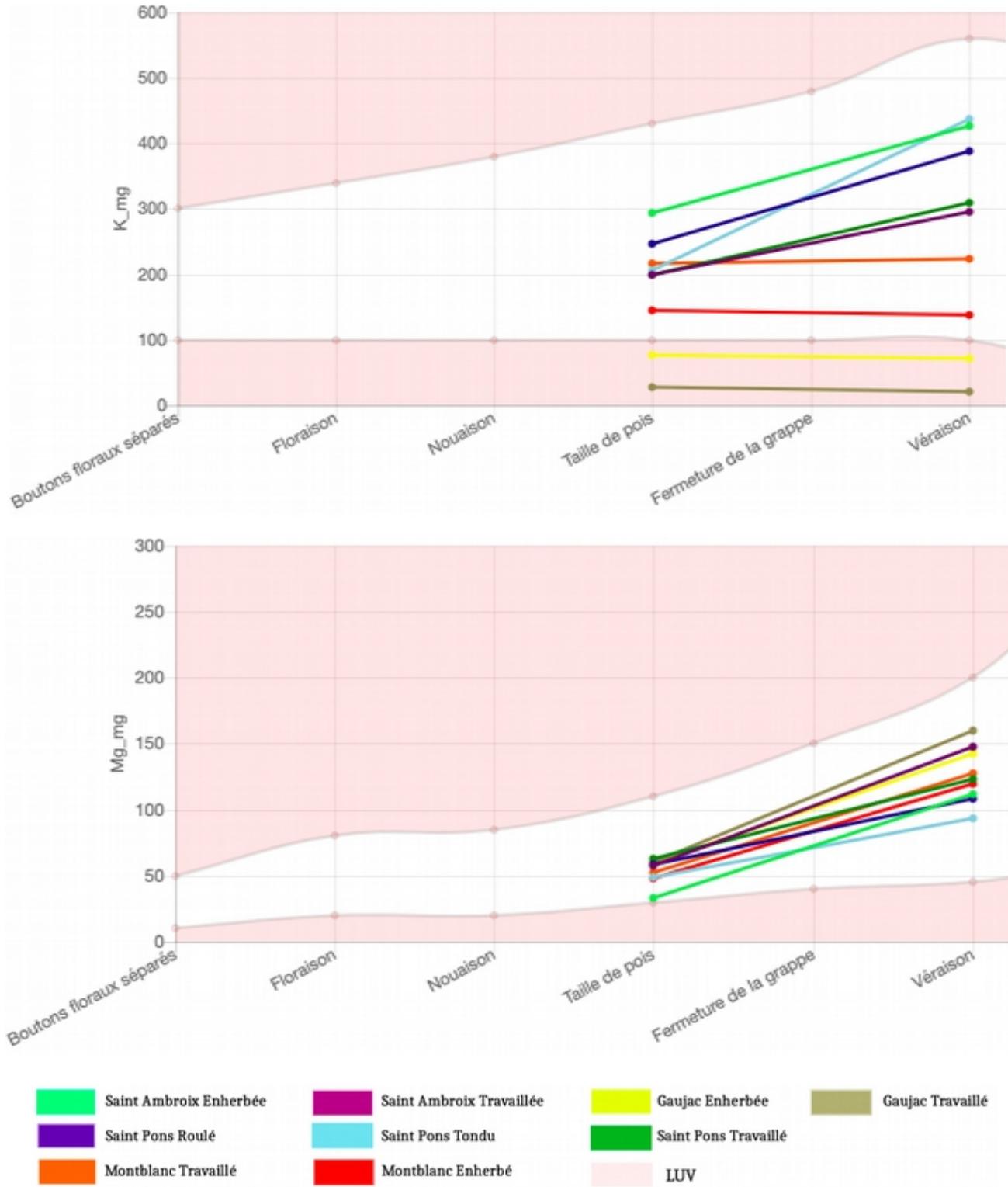


Figure 33: Evolution de l'assimilation du potassium et du magnésium sur chaque modalité (mg/100 pétioles) (SRDV)

---

Ces assimilations restent néanmoins très proches quel que soit la modalité sur les secteurs de St Ambroix, Gaujac et Montblanc. Seules les valeurs trouvées sur St Pons sont plus éloignées bien que les incertitudes de mesure se superposent entre elles. La modalité roulée dispose d'une assimilation en azote plus haute que celle tondue.

Les valeurs à véraison montrent une évolution très hétérogène en fonction des secteurs et des modalités. Plus au nord (St Pons et St Ambroix), les assimilations sont à la baisse, plus marquées sur la partie enherbée de St Ambroix ainsi que les modalités roulées et travaillées de St Pons.

A l'inverse, les vignes de Gaujac et de Montblanc ont des niveaux azotés plus importants avec une forte hausse dans le rang enherbé. Cette élévation peut en partie être le fruit du dessèchement des couverts avec une légère restitution de l'azote captée ainsi qu'une nette diminution de l'absorption de l'azote par l'enherbement. Les données continuent néanmoins de se chevaucher si l'on prend en considération l'incertitude de mesure.

- **Phosphore (P)**

L'assimilation en phosphore est elle aussi très hétérogène en fonction du secteur. Sur Gaujac et St Ambroix, ce sont les modalités enherbées qui montrent les valeurs les plus soutenues à taille de pois (figure 32). Cette différence est significative (incertitude de mesure) sur la parcelle de Gaujac. A l'inverse, le phosphore est plus bas sur la partie enherbée de Montblanc, et les données trouvées sur chaque modalité des vignes de St Pons sont très similaires (figure 32).

Plus en avant dans la saison, les écarts se resserrent entre les modalités de St Ambroix. Ils s'accroissent en revanche sur les autres secteurs. La partie travaillée de Montblanc présente ainsi une meilleure assimilation (figure 32). Le constat est inversé sur Gaujac avec une teneur toujours plus basse sur la partie travaillée et plus élevée sur celle enherbée, ces données sont les seules à être toujours significativement différentes compte tenu de l'incertitude de mesure. Néanmoins celles-ci peuvent s'expliquer par les manquants présents dans la partie travaillée et non par l'enherbement lui-même. Pour St Pons, la teneur en phosphore est une des seules à diminuer sur la partie travaillée.

- **Potassium (K)**

Les niveaux en potassium fluctuent à taille de pois. Les parcelles de Gaujac et St Ambroix ont de meilleures assimilations en cet élément sur la partie enherbée, à la différence de la partie travaillée sur Montblanc (figure 33). Les valeurs de la parcelle de St Pons sont quant à elles très proches avec un léger avantage pour les rangées roulées.

Ces écarts se maintiennent sur l'ensemble des parcelles à véraison voire s'accroissent sur St Pons avec des niveaux en potassium plus élevés sur les parties roulées et tondues en comparaison à celle travaillées. Cette hausse est très significative sur la modalité tondue.

- **Magnésium (Mg)**

Les teneurs en magnésium sont très similaires les unes des autres à taille de pois et ne permettent pas de mettre en avant un potentiel effet de l'enherbement (figure 33).

Cette proximité se maintient à véraison avec une élévation des assimilations en magnésium courante à cette période du cycle végétatif de la vigne.

---

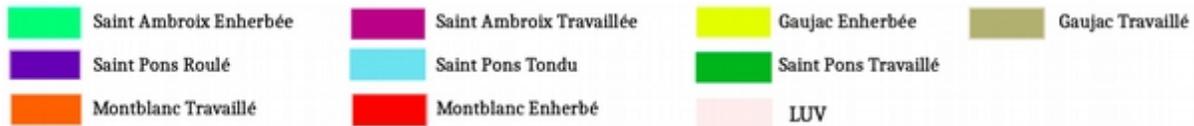
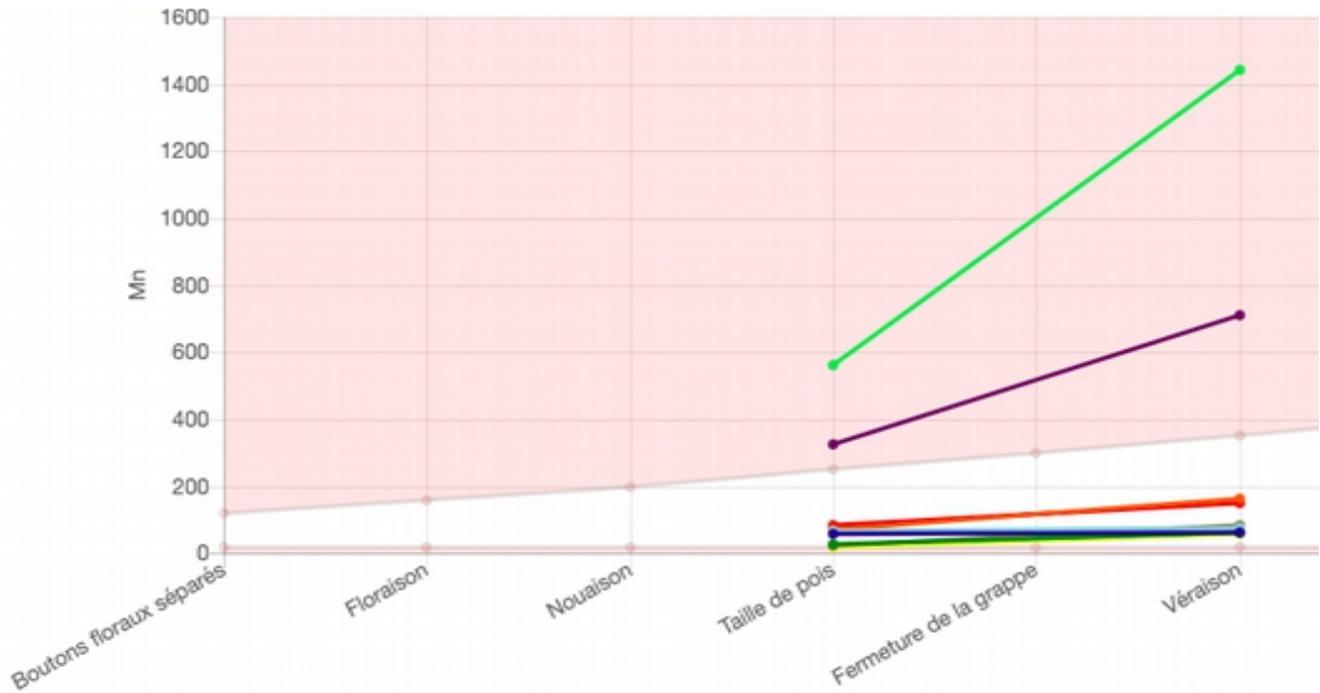
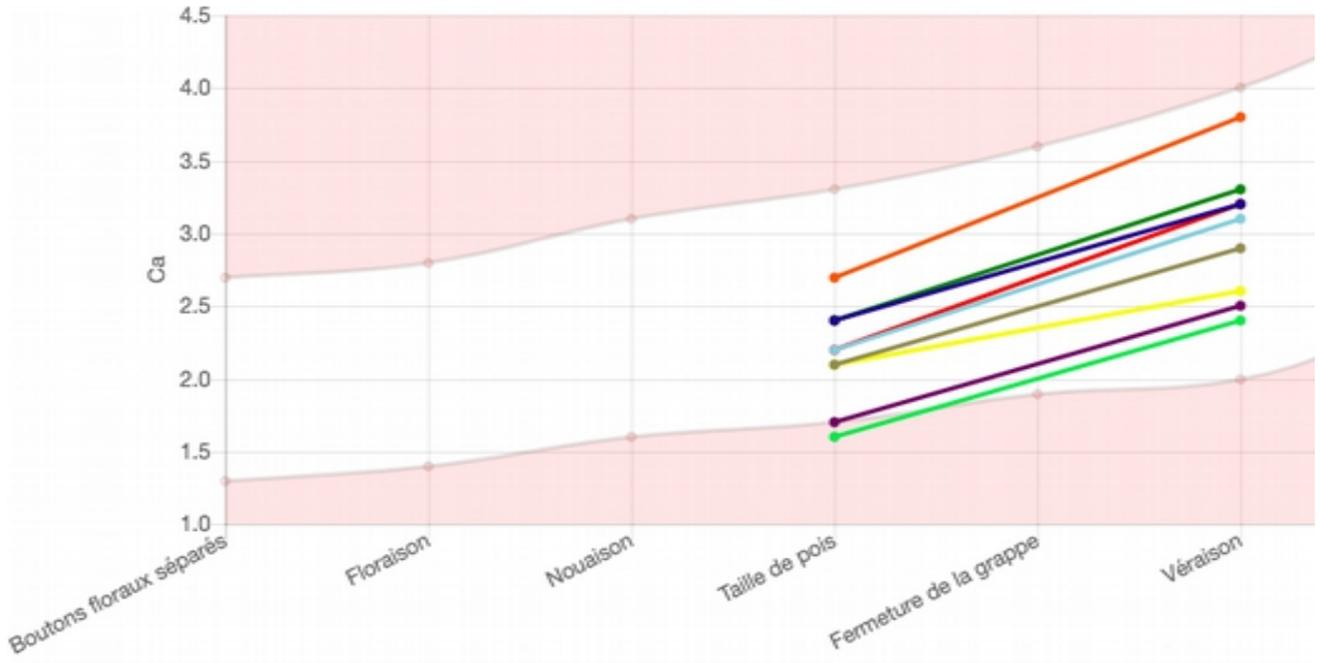


Figure 34: Evolution de l'assimilation du calcium et du manganèse sur chaque modalité (Ca : en mg/100 pétioles, Mn : en ppm)(SRDV)

---

- **Calcium (Ca)**

Les assimilations en calcium sont très proches entre modalités avec une légère tendance à la hausse sur celles travaillées (Montblanc et St Ambroix), rien qui ne soit pour autant significatif (figure 34).

Les écarts sont semblables à véraison, à l'exception de la partie enherbée de Montblanc où l'on note une augmentation moins significative par rapport à celle travaillée.

- **Oligo-éléments**

- **Fer (Fe)**

Les niveaux en fer sont très hétérogènes à taille de pois et sont proches entre modalités ne permettant pas de mettre en avant de potentielle différence (annexe 9).

L'écart se creuse un peu plus à véraison sur St Ambroix et Gaujac où l'on note une nette progression de l'assimilation du fer sur les modalités travaillées. Les données sont en revanche quasiment identiques sur les autres parcelles.

- **Manganèse (Mn)**

Les modalités sont très proches les unes des autres aussi bien à taille de pois qu'à véraison. Seule exception la parcelle de St Ambroix qui montre un niveau significativement plus haut (incertitude de mesure) sur la partie enherbée en comparaison à la partie travaillée (figure 34). Ce phénomène tend à s'accroître à véraison avec des écarts qui s'accroissent bien que la partie travaillée montre une élévation du niveau en manganèse à cette période de l'année.

Cette élévation du manganèse peut traduire une plus grande compaction du sol sur les rangs enherbés. Dans des conditions de mauvaise aération du sol (anoxique), la cation métallique manganèse est réduit à la forme divalente pour les plantes (Foy et al., 1988). Cette plus grande compaction des sols sur des rangs enherbés avait précédemment été observée par les travaux de Peigné et al. (2009).

- **Bore (B)**

L'assimilation du bore est assez similaire sur chaque parcelle et ne présentent pas de forte différence entre modalité quel que soit le stade physiologique de la vigne (annexe 9).

- **Cuivre (Cu), Sodium (Na) et Zinc (Z)**

Les analyses du Cuivre, du Sodium et du Zinc ne permettent pas de mettre en évidence des différences d'assimilation sur ces modalités en tenant compte de l'incertitude de mesure. Hormis sur la parcelle de Gaujac qui a une teneur plus basse à taille de pois sur la modalité travaillée pour le sodium, cette différence disparaît néanmoins à véraison.

- **Absence de différence notable d'assimilations des éléments minéraux entre les modalités.**
  - **Seule exception, pour la parcelle de St Ambroix, la teneur en manganèse est bien supérieure sur la partie enherbée en comparaison à celle travaillée.**

Tableau 5: Résultats statistiques sur les poids des grappes (g) entre les modalités de St Ambroix

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	St Ambroix (18/09)	
	Enherbé	Travaille
Shapiro-test	0,3315	0,0028
Test de Variance	0,6328	
Test de Student	X	
Test de Wilcoxon	0,416	
Conclusion	Les deux échantillons ne sont pas significativement différents	
Moyenne (g)	126,8	118,17

Tableau 6: Résultats statistiques sur les rendements (t/ha) entre les modalités de St Ambroix

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	St Ambroix (18/09)	
	Enherbé	Travaille
Shapiro-test	0,08177	0,1625
Test de Variance	0,3861	
Test de Student	0,8529	
Test de Wilcoxon	X	
Conclusion	Les deux échantillons ne sont pas significativement différents	
Moyenne (tonne/ha)	7,699	7,995

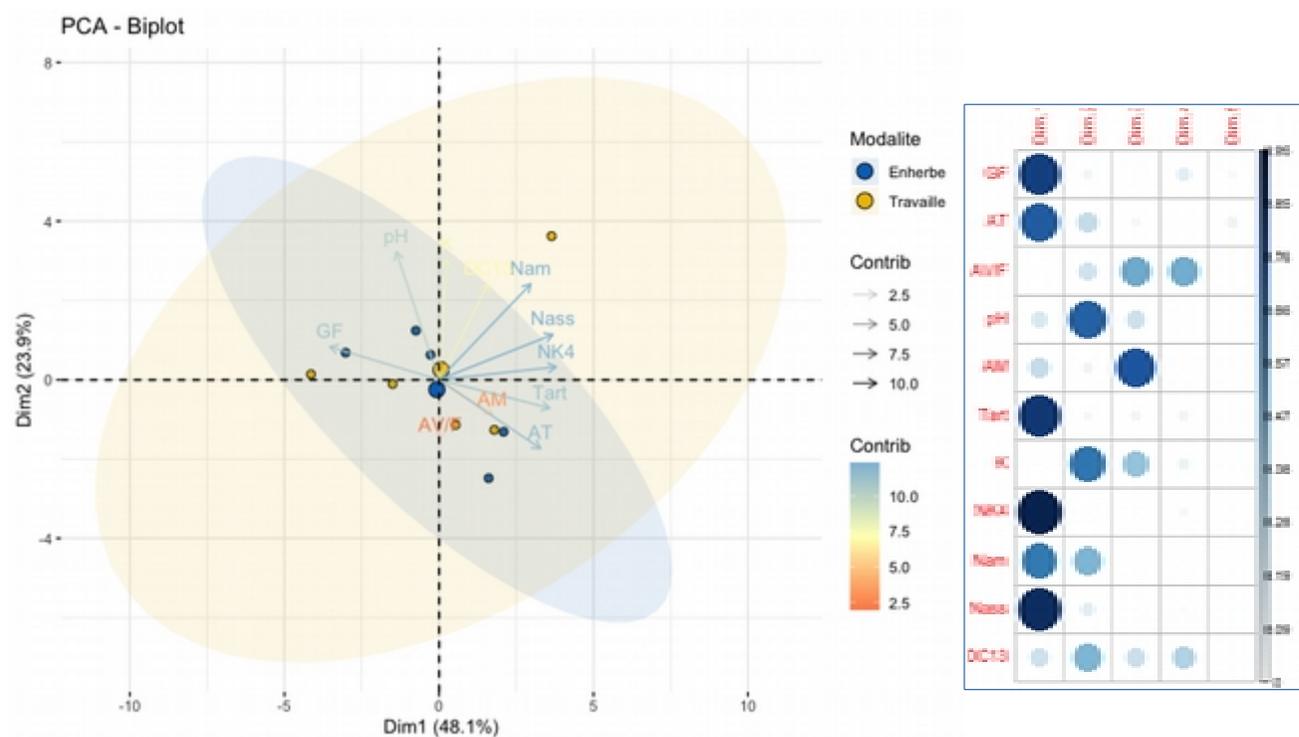


Figure 35: Analyse en Composantes Principales (ACP ou PCA) des différents paramètres analytique du contrôle maturité (à droite) et Qualité de représentation (à gauche)

---

## D. Développement fructifère de la vigne

L'étude réalisée sur le développement fructifère de la vigne s'est faite sur la parcelle de St Ambroix à la mi-septembre.

### 1. Des conséquences négligeables sur le rendement

Le poids des grappes ne montre pas de différence significative entre la modalité travaillée et celle enherbée (tableau 5). Il apparaît une très légère tendance favorisant la partie enherbée mais rien qui ne soit prouvé.

Les rendements calculés pour chaque pied de vigne et ramenés au nombre de ceps à l'hectare ne présentent eux aussi pas de différence significative entre modalité. A noter, à l'inverse du poids des grappes, un rendement légèrement plus élevé sur la modalité travaillée en comparaison à celle travaillée (tableau 6). Cette différence est liée au nombre de grappe par vigne qui est légèrement plus important sur la partie travaillée. Ces données restent non significatives.

Le déficit hydrique observé fin juin à début juillet sur la partie enherbée n'a pas impacté significativement le poids des grappes ni le rendement par rapport à la partie travaillée (tableau 5 et 6). Cette constatation va à l'encontre des résultats observés par Ojeda et al. (2001).

### 2. Conséquences sur la qualité des jus

Les analyses de contrôle maturité réalisées sur le jus de raisin ne permettent pas de mettre en avant des différences significatives sur l'ensemble des paramètres analysés (annexe 10). Une exception contredit néanmoins ce constat. En effet, l'acide malique est l'un des seuls paramètres à présenter une différence significative entre la modalité enherbée et travaillée (annexe 10). La partie enherbée possède ainsi des teneurs plus élevées en acide malique en comparaison à celle travaillée.

L'élévation de l'acide malique est intéressante dans les vins blancs et rosés car il apporte de la fraîcheur, cet effet est moins impactant sur le rouge car il disparaît lors de la fermentation malolactique. Les phénomènes de changement climatique ainsi que l'évolution des goûts des consommateurs incitent la production vinicole à rechercher des bases fraîches. Dans ce contexte, cette élévation de l'acide malique est intéressante au sein des vins. L'étude, réalisée ici sur le Cabernet sauvignon, pourrait donc se généraliser sur d'autres cépages destinés à la production de blanc et de rosé. Sur les rouges, il est plus difficile de mettre en avant cet avantage. L'acide malique étant transformé en acide lactique (acide faible) au cours de la fermentation malolactique, il est plus difficile d'évaluer l'impact d'acidification des rouges dans ce cadre. A noter néanmoins que l'acidité totale n'est pas significativement différente entre les deux modalités mais présente tout de même une légère tendance à la hausse sur la partie enherbée.

Une ACP a été réalisé pour mettre en évidence de potentielle variabilité entre les paramètres analytiques du contrôle maturité en fonction des modalités. Les deux premières dimensions expliquent 72 % des différences entre individus. Les variables qui contribuent au mieux aux axes principaux sont mis en évidence par l'échelle « Contrib » (figure 35), il s'agit des variables colorées en bleu. Les variables corrélées avec Dim 1 et Dim 2 (figure 35) sont bien représentées sur les axes principaux. Cette représentation graphique ne met pas en évidence des différences entre les deux modes de gestion de couvert du sol en fonction des analyses à maturité.

---



- 
- **Pas de conséquence sur le poids et le rendement des grappes entre modalités.**
  - **Sur les paramètres analytiques utilisés, seul l'acide malique est plus élevé sur la modalité enherbée.**

## E. Limites de cette étude

Les choix et les différentes mesures mis en place sont confrontés à plusieurs limites.

L'utilisation du modèle MERCI nous donne une estimation de la restitution potentielle en azote, phosphore et potassium. Il tend également à évaluer la proportion de biomasse racinaire. Cette méthode est basée sur plusieurs données bibliographiques qui peuvent présenter un biais par rapport à la réalité et la mise en place du couvert (semis direct, densité, homogénéité du semis...). De plus, les restitutions en azote des légumineuses restent difficiles à quantifier, leur capacité à fixer l'azote atmosphérique étant très changeante selon le milieu dans lequel elles se trouvent.

La vitesse d'élongation des rameaux primaires est un indicateur de déficit hydrique modéré mais ne permet pas de relever des déficits hydriques plus légers. Cette méthode reste donc peu précise pour affiner des différences plus minces entre ces gestions de l'enherbement, surtout avec les pluies de 2020.

Des hétérogénéités indépendantes de l'enherbement ont été mises en évidence au cours de l'étude. La parcelle de Gaujac a ainsi été exclue dans la conclusion. La différence de mesures de potentiel hydrique de tige est attribuée plutôt à l'hétérogénéité existant entre les deux modalités qu'à la simple présence de l'enherbement. En effet, la partie travaillée présente un nombre de manquants plus important en comparaison à celle enherbée.

Les analyses pétiolaires n'ont pas pu être répétées sur chaque souche du fait du protocole de mesure. Les données obtenues ne permettent ainsi pas de mettre en avant des différences significatives par l'utilisation de test statistique.

Le nombre de mesures réalisées sur cinq ceps est très faible pour mettre en avant des différences significatives à l'aide de test statistique. Des données supplémentaires consolideraient les tests statistiques et permettraient d'accentuer les écarts entre les modalités. De plus, seule une rangée est étudiée au sein de chaque modalité, ce qui ne permet pas de représenter l'effet de ce paramètre sur l'intégralité de la parcelle.

Il aurait pu être intéressant de poursuivre cette étude sur plusieurs millésimes, la vigne ayant cette capacité à établir son potentiel de production. La première année étant dédiée à l'établissement des inflorescences au sein des bourgeons (Champagnol, 1984). La seconde est consacrée au développement de ces inflorescences. La mise en place d'un enherbement l'année précédent la récolte peut donc avoir une répercussion sur l'année suivante. Il peut être intéressant d'étudier cet effet.

Une des dernières limites de cette étude est le climat de ce millésime 2020 qui reste assez éloigné des normales connues dans ce territoire. Une étude à moyen terme, sur au moins trois ans, permettrait de confirmer ou d'infirmer la concurrence de l'enherbement pour les ressources du sol.



---

## F. Perspectives

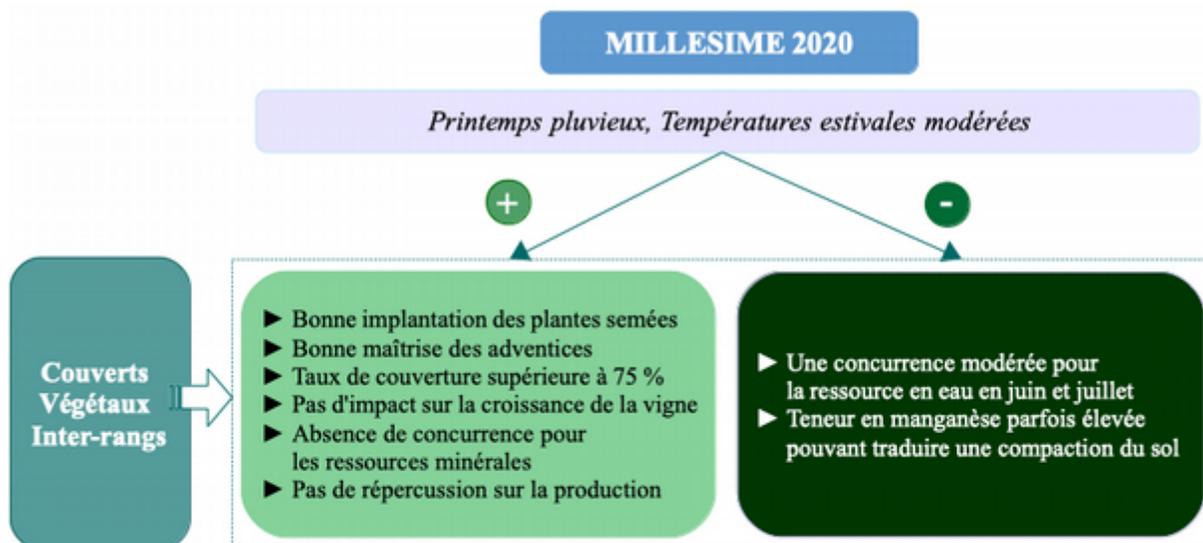
Les mesures réalisées présentent peu de différences entre la modalité enherbée et celle travaillée.

Dans ce contexte, la mise en place d'un enherbement au sein de l'inter-rang a peu d'impact négatif sur le fonctionnement global de la plante (figure 36). La vigne garde un bon développement végétatif ainsi que des assimilations minérales correctes. Les déficits hydriques de fin juin-début juillet plus marqués sur la partie enherbée de Gaujac en comparaison à celle travaillée ne semblent pas impacter la récolte de l'année 2020 ni sa qualité.

Dans cette étude, le climat du sud de la France ne paraît pas être un facteur suffisant pour limiter la mise en place d'un couvert végétal. Il faut néanmoins replacer cette analyse dans le contexte particulier qu'est l'année 2020 avec des précipitations printanières plus abondantes que les normales de saison. De plus, les couverts végétaux restent limités à l'inter-rang et un travail du sol est réalisé sous le rang pour détruire la concurrence de l'enherbement directement à proximité des souches. Le travail sous le rang peut en partie expliquer les faibles concurrences observées au cours de cette étude entre le couvert et la vigne.

Une réflexion est à avoir sur la gestion d'un enherbement au sein du vignoble et de savoir l'adapter en fonction des situations. Il ne semble plus possible de suivre un schéma type, répétable chaque année mais il semble indispensable avec le changement climatique de l'adapter chaque année aux conditions météorologiques. La gestion de l'enherbement doit donc être étudiée en fonction du sol, du climat, de l'environnement global de la parcelle et des besoins de chaque exploitation. La conduite d'un enherbement dans l'inter-rang peut être décomposée en trois grandes actions en mettant en avant une série de questionnement pour adapter au mieux le conseil viticole :

1. **Le choix du couvert** doit être adapté à la parcelle et aux besoins. La première opération de conseil est donc d'identifier ces besoins. Dans le cas d'un semis, une étude de sol est un outil intéressant pour adapter au mieux le couvert. Ce dernier doit être en mesure de s'implanter dans le milieu. L'espace dédié à l'enherbement peut évoluer en fonction des parcelles. Le compactage des sols pouvant être accentué en présence d'enherbement (Peigné et al., 2009), il est possible de ne pas le réaliser sur tous les inter-rangs et de former au cours du temps un système de rotation.
2. **La date de destruction du couvert** est déterminante dans la gestion des couverts végétaux. Elle peut être reculée dans le cas d'une année pluvieuse et avancée si les réserves hydriques du sol semblent insuffisantes ou dans le cas de risque gélif. A savoir qu'une destruction plus tardive est pertinente pour permettre l'obtention d'une biomasse plus importante ainsi qu'une montée en graine favorisant une réimplantation naturelle des espèces l'année suivante.
3. Le mode d'implantation et de destruction du couvert jouent un rôle important. La parcelle de St Pons présente des différences significatives début juillet entre les modalités tondue et roulée. L'utilisation d'outil type rolofaca tend à limiter l'évaporation du sol par l'intermédiaire d'un mulch. Il nécessite néanmoins une biomasse suffisante.



**Perspectives**

*Adapter le pilotage du non travail du sol selon le contexte  
(climatique, environnemental, parcellaire)*



*Figure 36: Récapitulatif des résultats de l'étude et des perspectives possibles*

---

## Conclusion

Aux vues des données scientifiques actuelles, les couverts végétaux rendent de multiples services au sein d'une culture (préservation des sols, protection de la faune et la flore, ...). Le sud de la France est néanmoins soumis à des conditions climatiques peu propices au maintien de l'enherbement pendant la saison végétative de la vigne. La concurrence des couverts végétaux face aux ressources du sol engendre des risques (récolte, durabilité de la culture) qu'il convient de maîtriser.

Cette étude a permis de nuancer les conclusions scientifiques précédemment établies vis à vis des couverts végétaux au sein des vignobles. Elle se place dans un contexte particulier avec un millésime pluvieux qui se rapproche de celui connu en 2018. Les mesures faites sur un large territoire avec une diversité de terroir ainsi qu'en condition réelle d'exploitation tendent à se rapprocher au mieux de la réalité du terrain.

Dans ce contexte, l'analyse des différentes modalités de non travail du sol met en lumière une compétition pour les ressources moindre que celle attendue et décrite dans les données bibliographiques. L'enherbement présent dans l'inter-rang n'a pas eu d'impact sur le développement végétatif de la vigne (mesures d'élongation du rameau primaire). Les assimilations minérales restent quasiment inchangées entre les différentes modalités. La compétition sur la ressource en eau fluctue en fonction des parcelles mais semble globalement plus avantageuse pour la vigne en l'absence d'enherbement. Cet avantage tend à s'effacer plus en amont dans la saison estivale et n'influe pas sur la production finale.

Il est néanmoins difficile d'en tirer des conclusions définitives vue la diversité des terroirs et des enherbements étudiés.

Ce mémoire souligne ainsi la complexité que présente la mise en place d'un couvert végétal et la multitude de possibilités qui s'offre aux viticulteurs dans la manière de le concevoir. De nombreux questionnements gravitent autour de la gestion de l'enherbement. La concurrence sur les ressources du sol semble ici pouvoir être limitée par un management adapté. Il en ressort aussi que les tendances des « tout labour » ou du non travail du sol intégral ne peuvent constituer une règle universelle d'entretien des sols. Les spécificités des sols et du climat méditerranéens doivent inciter à utiliser les différentes techniques. Le pilotage de l'enherbement doit ainsi être réfléchi en fonction des conditions du millésime, de l'environnement de la parcelle et des besoins.



---

# Références Bibliographiques

## Articles scientifiques

- Altieri, M. A., Ponti, L., & Nicholls, C. I. (2005). Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from northern California. *The International Journal of Biodiversity Science and Management*, 1(4), 191-203.
- Amezketta, E. (1999). Soil aggregate stability: a review. *Journal of sustainable agriculture*, 14(2-3), 83-151.
- Arene, J., Berger, G. M., Gras, H., Poidevin, J. L., & Sauvel, C. (1978). Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/50 000 d'Alès. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 22-24.
- Barbeau, G., Goulet, E., Ramillon, D., Rioux, D., Blin, A., Marsault, J., & Panneau, J. P. (2006). Effets de l'interaction porte-greffe/enherbement sur la réponse agronomique de la vigne (*Vitis vinifera* L., cvs Cabernet franc et Chenin). *Prog. Agric. Vitic*, 123, 80-86.
- Battany, M. C., & Grismer, M. E. (2000). Rainfall runoff and erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. *Hydrological processes*, 14(7), 1289-1304.
- Belmonte, S. A., Celi, L., Stanchi, S., Said-Pullicino, D., Zanini, E., & Bonifacio, E. (2016). Effects of permanent grass versus tillage on aggregation and organic matter dynamics in a poorly developed vineyard soil. *Soil Research*, 54(7), 797-808.
- Berger, G., Feist, R., & Freytet, P. (1981). Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/50 000 de Pézenas. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 18-20.
- Bopp, M. C. (2018). Les propriétés fonctionnelles des communautés végétales expliquent-elles les services écosystémiques qu'elles fournissent ? Le cas des couverts semés et spontanés en viticulture (Mémoire de stage, 67 pages + annexes)
- Celette, F., Gaudin, R., & Gary, C. (2008). Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *European Journal of Agronomy*, 29(4), 153-162.
- Chantelot, E., Celette, F., & Wery, J. (2004, May). Concurrence pour les ressources hydriques et azotées entre vigne et enherbement en milieu méditerranéen. In *Qualitätsmanagement im Obst- und Weinbau-International symposium in Quality management in viticulture and enology*, Stuttgart-Germany (pp. 10-11)
- Cheng, X., & Baumgartner, K. (2004). Arbuscular mycorrhizal fungi-mediated nitrogen transfer from vineyard cover crops to grapevines. *Biology and fertility of soils*, 40(6), 406-412.

- 
- Choné, X., Dubordieu, D., van Leeuwen, C., & Tregoat, O. (2000). Déficit hydrique modéré de la vigne: parmi les 3 applications de la chambre à pression, le potentiel tige est l'indicateur le plus précis. *OENO ONE: Journal international des sciences de la vigne et du vin= International journal of vine and wine sciences*, 34(4), 169-176.
  - Coll, P., Arnal, D., Blanchart, E., Hinsinger, P., Cadre, E. L., Souche, G., & Villenave, C. (2009). Viticultural soils quality: benefits of permanent grass cover on soil chemical characteristics and soil biological indicators. *Progrès Agricole et Viticole*, 126(22), 527-531.
  - Couderc, J. (2015). Méthodologie de caractérisation de la nutrition minérale afin d'optimiser la fertilisation des vignobles languedociens. Mémoire de l'Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier, 79 p + annexes
  - Costello, M. J., & Daane, K. M. (1998). Influence of ground cover on spider populations in a table grape vineyard. *Ecological Entomology*, 23(1), 33-40.
  - Darmency, H., & Gasquez, J. (1990). Résistances aux herbicides chez les mauvaises herbes.
  - Dubernet, M., & Dubernet, M. (2000). Utilisation de l'analyse infrarouge à transformée de Fourier pour l'analyse oenologique de routine. *Revue Française d'œnologie*, 181, 10-13.
  - Elmi, S., Busnardo, R., Clavel, B., Camus, G., Kieffer, G., Bérard, P., & Michaëly, B. (1996). Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/50 000 d'Aubenas, Éditions du BRGM Service géologique national, 130-134.
  - Fernández-Raga, M., Palencia, C., Keesstra, S., Jordán, A., Fraile, R., Angulo-Martínez, M., & Cerdà, A. (2017). Splash erosion: A review with unanswered questions. *Earth-Science Reviews*, 171, 463-477.
  - Foy, C. D., Scott, B. J., & Fisher, J. A. (1988). Genetic differences in plant tolerance to manganese toxicity. In *Manganese in soils and plants* (pp. 293-307). Springer, Dordrecht.
  - Frey, H. (2016). Analyse des pratiques d'enherbement des viticulteurs et formalisation des règles de décision utilisées pour le pilotage. Doctoral dissertation, Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier, 47 p + annexes.
  - Garcia, L. (2018). Caractérisation fonctionnelle de cultures de services en vignoble et étude des relations entre marqueurs fonctionnels des communautés végétales et services écosystémiques pour la viticulture. Thèse de l'Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier, 219 p + annexes.
  - Gaudin, R., Celette, F., & Gary, C. (2010). Contribution of runoff to incomplete off season soil water refilling in a Mediterranean vineyard. *Agricultural Water Management*, 97(10), 1534-1540.
  - Gholami, L., Sadeghi, S. H., & Homaei, M. (2013). Straw mulching effect on splash erosion, runoff, and sediment yield from eroded plots. *Soil Science Society of America Journal*, 77(1), 268-278.
-

- 
- Gómez, J. A., Llewellyn, C., Basch, G., Sutton, P. B., Dyson, J. S., & Jones, C. A. (2011). The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries. *Soil Use and Management*, 27(4), 502-514.
  - Gontier, L., Gaviglio, C., & Dufourcq, T. (2011). Total grass cover in vineyards: an innovating and promising soil management alternative to reduce the use of herbicides. In 17th International Symposium GIESCO.
  - Guerra, B., & Steenwerth, K. (2012). Influence of floor management technique on grapevine growth, disease pressure, and juice and wine composition: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(2), 149-164.
  - Guilpart, N. (2014). Relations entre services écosystémiques dans un agroécosystème à base de plantes pérennes: compromis entre rendement de la vigne et régulation de l'oïdium (Doctoral dissertation, Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier).
  - Gulick, S. H., Grimes, D. W., Munk, D. S., & Goldhamer, D. A. (1994). Cover-crop-enhanced water infiltration of a slowly permeable fine sandy loam. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5), 1539-1546.
  - Gurr, G. M., Wratten, S. D., & Luna, J. M. (2003). Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology*, 4(2), 107-116.
  - Hartwig, N. L., & Ammon, H. U. (2002). Cover crops and living mulches. *Weed science*, 50(6), 688-699.
  - Keller, M. (2005). Deficit irrigation and vine mineral nutrition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(3), 267-283.
  - Lagerlöf, J., Stark, J., & Svensson, B. (1992). Margins of agricultural fields as habitats for pollinating insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 40(1-4), 117-124.
  - Le Bissonnais, Y. L. (1996). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of soil science*, 47(4), 425-437.
  - Lopes, C., Monteiro, A., Ruckert, F. E., Gruber, B., Steinberg, B., & Schultz, H. R. (2004). Transpiration of grapevines and cohabitating cover crop and weed species in a vineyard. A "snapshot" at diurnal trends. *VITIS-GEILWEILERHOF*, 43(3), 111-118.
  - Lucand, C. (2020). Matthieu Lecoutre, Atlas historique du vin en France. De l'Antiquité à nos jours, préface de Jean-Robert Pitte, Paris, Éditions Autrement, 2019, 95 p. Territoires contemporains.
  - Monteiro, A., & Lopes, C. M. (2007). Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agriculture, ecosystems & environment*, 121(4), 336-342.
  - Morlat, R., & Jacquet, A. (2003). Grapevine root system and soil characteristics in a vineyard maintained long-term with or without interrow sward. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(1), 1-7.
-

- 
- Muscas, E., Cocco, A., Mercenaro, L., Cabras, M., Lentini, A., Porqueddu, C., & Nieddu, G. (2017). Effects of vineyard floor cover crops on grapevine vigor, yield, and fruit quality, and the development of the vine mealybug under a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 237, 203-212.
  - Novara, A., Minacapilli, M., Santoro, A., Rodrigo-Comino, J., Carrubba, A., Sarno, M., ... & Gristina, L. (2019). Real cover crops contribution to soil organic carbon sequestration in sloping vineyard. *Science of The Total Environment*, 652, 300-306.
  - Naylor, L. A., Viles, H. A., & Carter, N. E. A. (2002). Biogeomorphology revisited: looking towards the future. *Geomorphology*, 47(1), 3-14.
  - Ojeda, H., Deloire, A., & Carbonneau, A. (2001). Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40(3), 141-145.
  - Ovalle, C., del Pozo, A., Lavín, A., & Hirzel, J. (2007). Cubiertas vegetales en viñedos: comportamiento de mezclas de leguminosas forrajeras anuales y efectos sobre la fertilidad del suelo. *Agricultura Técnica*, 67(4), 384-392.
  - Peigné, J., Cannavaciolo, M., Gautronneau, Y., Aveline, A., Giteau, J. L., & Cluzeau, D. (2009). Earthworm populations under different tillage systems in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 104(2), 207-214.
  - PELLEGRINO, A., LEBON, E., SIMONNEAU, T., & WERY, J. (2005). Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(3), 306-315.
  - Pérez-Álvarez, E. P., García-Escudero, E., & Peregrina, F. (2015). Soil nutrient availability under cover crops: effects on vines, must, and wine in a Tempranillo vineyard. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(3), 311-320.
  - Poilecot, P. (2002). Contribution à la définition de méthodologies d'inventaires biologiques dans le cadre du projet Interactions élevage-faune sauvage-environnement autour des aires protégées dans le sud-est du Tchad, 6 -15.
  - Porqueddu, C., Fiori, P. P., & Nieddu, S. (2000). Use of subterranean clover and burr medic as cover crops in vineyards. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 45, 445-448
  - Ranaivoson, L., Naudin, K., Ripoché, A., Affholder, F., Rabeharisoa, L., & Corbeels, M. (2017). Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(4), 26.
  - Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Eldridge, D. J., & Marques, M. J. (2013). Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain. *Catena*, 104, 153-160.
  - (a) Steenwerth, K., & Belina, K. M. (2008). Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. *Applied soil ecology*, 40(2), 359-369.
-

- 
- (b) Steenwerth, K., & Belina, K. M. (2008). Cover crops and cultivation: Impacts on soil N dynamics and microbiological function in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology*, 40(2), 370-380.
  - Steinmaus, S., Elmore, C. L., Smith, R. J., Donaldson, D., Weber, E. A., Roncoroni, J. A., & Miller, P. R. M. (2008). Mulched cover crops as an alternative to conventional weed management systems in vineyards. *Weed research*, 48(3), 273-281.
  - Smith, R., Bettiga, L., Cahn, M., Baumgartner, K., Jackson, L., & Bensen, T. (2008). Vineyard floor management affects soil, plant nutrition, and grape yield and quality. *California Agriculture*, 62(4), 184-190.
  - Tesic, D., Keller, M., & Hutton, R. J. (2007). Influence of vineyard floor management practices on grapevine vegetative growth, yield, and fruit composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58(1), 1-11.
  - Tournebize, J. (2001). Impacts de l'Enherbement du Vignoble Alsacien sur le Transfert des Nitrates (Doctoral dissertation, Université Louis Pasteur-Strasbourg I).
  - Van Huyssteen, L., Van Zyl, J. L., & Koen, A. P. (1984). The Effect of Cover Crop Management on Soil Conditions and Weed Control in a Colombar Vineyard in Oudtshoorn. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 5(1), 7-17.
  - Verchot, L. V., Dutaur, L., Shepherd, K. D., & Albrecht, A. (2011). Organic matter stabilization in soil aggregates: understanding the biogeochemical mechanisms that determine the fate of carbon inputs in soils. *Geoderma*, 161(3-4), 182-193.
  - Verheijen, F. G., Jones, R. J., Rickson, R. J., & Smith, C. J. (2009). Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews*, 94(1-4), 23-38.
  - Vertes, F., Jeuffroy, M. H., Justes, E., Thiebeau, P., & Corson, M. (2010). Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation. *Innovations agronomiques*, 11, 25-44.
  - Vial, B., Demésy, G., Zolla, F., Nicolet, A., Commandré, M., Hecquet, C., ... & Sauget, V. (2014). Resonant metamaterial absorbers for infrared spectral filtering: quasimodal analysis, design, fabrication, and characterization. *JOSA B*, 31(6), 1339-1346.
  - Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D., ... & Zaller, J. G. (2018). Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55(5), 2484-2495.
  - Zuazo, V. H. D., & Pleguezuelo, C. R. R. (2009). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: a review. In *Sustainable agriculture* (pp. 785-811). Springer, Dordrecht.

---

## Ouvrages

- Bonnier, G., De Layens, G., 1986. Flore complète portative de la France, de la Suisse et de la Belgique. Editions Belin, Paris.
- Champagnol R, 1984. Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Imprimerie Déhan, Montpellier, p 351.

## Webographie

- Tela Botanica, 2020  
<https://www.tela-botanica.org/>  
Consulté du 1er mai au 30 juin
- Archambeaud M., TCS n°59. Septembre-Octobre 2010.  
<https://agriculture-de-conservation.com/MERCI-mesurez-les-elements.html>  
Consulté le 27 Avril 2020
- Bourgeois M., Coquillart E., Cournarie M., Claire Fassino C.. Modèle MERCI  
[https://www.supagro.fr/ress-pepites/PlantesdeCouverture/co/3\\_1\\_4\\_1\\_merci.html](https://www.supagro.fr/ress-pepites/PlantesdeCouverture/co/3_1_4_1_merci.html)  
Consulté le 27 Avril 2020
- Chambre d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine. Couverts Végétaux : choix des espèces, intérêts agronomiques et économiques  
<https://nouvelle-aquitaine.chambres-agriculture.fr/innovation/programmes/couverts-vegetaux-interets-choix-des-especes-evaluation-de-linteret-agronomique>  
Consulté le 27 Avril 2020
- Inter Rhône, 2020. L'histoire des vignobles  
<https://www.vins-rhone.com/vignobles/histoire#:~:text=Les%20Romains%2C%20qui%20remontent%20le,impulsion%20d'un%20vignoble%20commercial>  
Consulté le 6 mai 2020
- DREAL LR, 2014. Les 23 grands ensembles paysagers  
<http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/les-23-grands-ensembles-paysagers-a4752.html>  
Consulté le 6 mai 2020
- DREAL RA, 2005. Les 7 familles de paysages en Rhône-Alpes.  
[http://www.paysages.auvergne-rhone-alpes.gouv.fr/IMG/pdf/les\\_7\\_familles\\_de\\_paysages\\_en\\_rhone-alpes\\_cle6f17bc-5.pdf](http://www.paysages.auvergne-rhone-alpes.gouv.fr/IMG/pdf/les_7_familles_de_paysages_en_rhone-alpes_cle6f17bc-5.pdf)  
Consulté le 6 mai 2020
- Field Studies Council (FSC), 2016. Biology Fieldwork, using quadrats  
<https://www.biology-fieldwork.org/a-level/fieldwork-techniques/vegetation-sampling/using-quadrats>  
Consulté le 14 mai 2020

- 
- Article Vitisphere de Sepeau Ivaldi M., 2018. L'IFV revient sur le mildiou en 2018  
<https://www.vitisphere.com/actualite-88415--LIFV-revient-sur-le-mildiou-en-2018.htm>  
Consulté le 20 mai 2020
  - Chambre d'agriculture Aude, octobre 2019. Enherbement Temporaire en Viticulture.  
[https://aude.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Occitanie/064\\_Inst-Aude/documents\\_aude/Viticulture/enherbement\\_temporaire.pdf](https://aude.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/064_Inst-Aude/documents_aude/Viticulture/enherbement_temporaire.pdf)  
Consulté le 2 juin 2020
  - IFV, 2018. Fiches Pratiques : Engrais verts en viticulture  
<https://www.vignevin.com/wp-content/uploads/2018/12/FichesEngraisVerts.pdf>  
Consulté le 2 juin 2020
  - Article Vitisphere de Cassagnes J., octobre 2020. Comment choisir les espèces à semer ?  
<https://www.vitisphere.com/actualite-90462-Comment-choisir-les-especes-a-semer-htm>  
Consulté le 2 juin 2020
  - Dufourcq T., IFV Occitanie. Estimation de l'État hydrique de la vigne  
<https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/estimation-de-letat-hydrique-de-la-vigne>  
Consulté le 15 juin 2020
  - Serrano E., IFV Occitanie. L'estimation des rendements en viticulture  
<https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/estimation-des-rendements-en-viticulture>  
Consulté le 10 août 2020



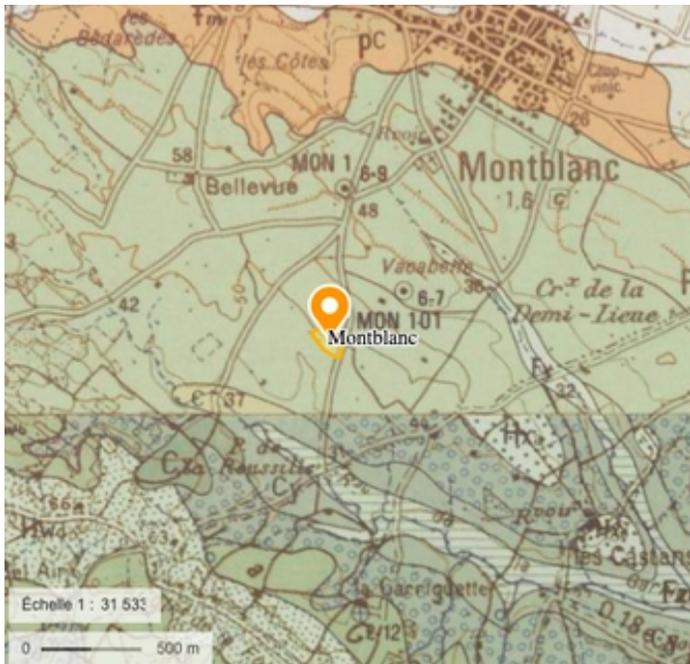
# Annexes



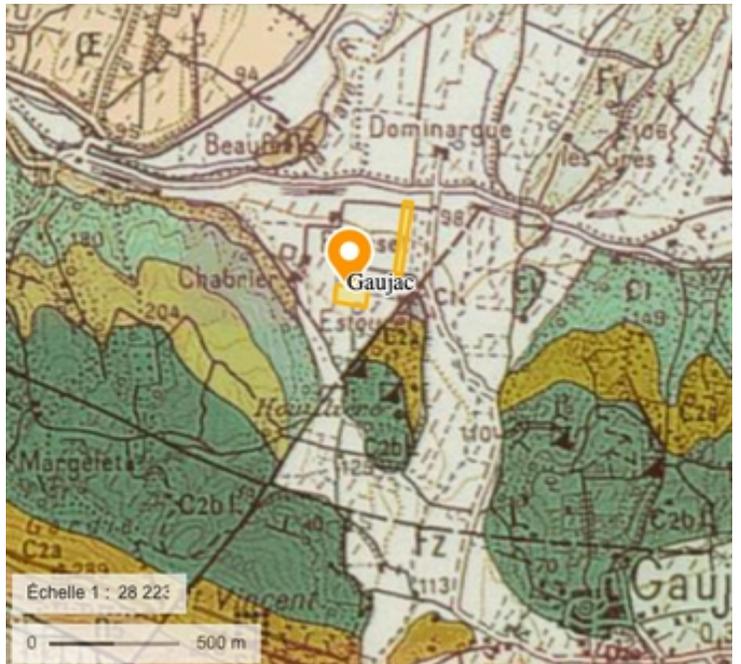
- Fz Alluvions holocènes des vallées du Gardon, de la Cèze et de leurs affluents - Limons, sables, graviers et galets
- Fy Alluvions probablement wurmiennes - Altitudes relatives: 5-15 m - Limons, sables, graviers rubéfiés, en lambeaux
- Fx Alluvions probablement rissiennes - Altitudes relatives: 20-35 m - Limons, sables, graviers rubéfiés, en lambeaux



- Fz Alluvions récentes et actuelles des lits majeurs



- Fv "Cailloutis "villafranchiens"", niveau 60-90 m (Quaternaire, Pléistocène inférieur)"



- Fz Alluvions modernes

Annexe 1: Carte Géologique de chacune des parcelles d'essai (source : Géoportail et BRGM)

---

## *PROTOCOLE DE PRÉLÈVEMENT*

---

- ➔ Sur une parcelle homogène, sur des ceps sains et représentatifs, prélevez au minimum 50 pétioles (en début de saison 80 pétioles) sur 4 à 8 rangs, à hauteur d'un pétiole par cep.
- ➔ Ne prélevez pas les rangs de bordure.
- ➔ Choisissez les pétioles en face de la première grappe en partant de la base (les feuilles associées non nécrosées, non déchiquetées). Eventuellement, prélevez le pétiole suivant sur le rameau.
- ➔ Pour des vignes taillées en arcure, effectuez le prélèvement sur les rameaux situés avant l'arcure. Pour des vignes en non taille, prélevez 120 pétioles répartis sur toute la hauteur du feuillage (40 pétioles par étage : haut, milieu et bas de la végétation).
- ➔ Séparez le pétiole du limbe, ne conservez que le pétiole.
- ➔ Comptez les pétioles et pesez-les afin de déterminer le poids frais à la parcelle.
- ➔ Rangez les pétioles dans une enveloppe SRDV (enveloppes disponibles sur demande ou en dépôt) ou dans une enveloppe Kraft (évitez les poches en plastique), identifiez le prélèvement en remplissant l'enveloppe ou le bon de commande disponible sur [srdv.fr](http://srdv.fr).
- ➔ Faites parvenir l'échantillon à la SRDV. Si cela n'est pas possible immédiatement, maintenez les échantillons au sec. Si vous envoyez des échantillons pour la première fois, remplissez la fiche client.



*Annexe 2: Protocole de prélèvement des pétioles (SRDV)*

Annexe 3: Données des poids frais des espèces présentes dans les couverts de Montblanc et de Gaujac (g)

POIDS FRAIS MONTBLANC (g)		Radis fourragers	Féverole	vesce	Luzerne (orbiculaire et naine)	Mélilot officinal	Trèfles incarnat	Graminée	Adventices
Rang Semé	Q1	217	235	86	312	0	0	94	68
	Q2	340	130	0	42	0	0	28	68
	Q3	232	0	0	210	37	0	239	354
% d'espèce représentée		29,2%	13,6%	3,2%	21,0%	1,4%	0,0%	13,4%	18,2%
Rang Non Semé	Q4	0	0	124	43	0	0	302	97
	Q5	0	0	7	75	0	22	9	106
	Q6	204	0	235	2	348	0	65	134
% d'espèce représentée		11,5%	0,0%	20,7%	6,8%	19,6%	1,2%	21,2%	19,0%
BIOMASSE TOTAL (kg/m <sup>2</sup> )		<b>2,98</b>							

**Espèces présentes au sein des adventices et des graminées à Montblanc :** Folle avoine (*Avena fatua*), Chiendent rampant (*Elytrigia repens*), Orge des rats (*Hordeum murinum*), Ivraie vivace (*Lolium perenne*), Petite pimprenelle (*Poterium Sanguisorba*), Salsifis des prés (*Tragopogon pratensis*), Chardon à capitule grêles (*Cardus tenuiflorus*), Géranium à feuilles rondes (*Geranium rotundifolia*), Gesse à graines sphériques (*Lathyrus sphaericus*), Ail des vignes (*Allium vineale*), Liseron des champs (*Convolvulus arvensis*), Mauve silvestre (*Melva silvestris*), Crépis biennuel (*Crepis biennis*), Epilobes à petites fleurs (*Epilobium parviflorum*).

POIDS FRAIS GAUJAC (g)	Vesce	Mélilot officinal	Fétuque Rouge	Ray-gras	Trèfles blanc	Autres Graminées	Adventices
Q1	234	27	108	22	0	0	44
Q2	12	120	70	9	110	6	15
Q3	0	147	56	6	0	2	50
Q4	15	348	79	7	4	4	36
Q5	19	283	50	18	0	4	13
% d'espèce représentée	14,60%	48,23%	18,93%	3,23%	5,94%	0,83%	8,24%
BIOMASSE TOTAL (kg/m <sup>2</sup> )	<b>3,07</b>						

**Espèces présentes au sein des adventices et des graminées à Gaujac :** Laiterons âpre (*Sonchus asper*), Laiterons maraîcher (*Sonchus oleraceus*), Verveine officinale (*Verbena officinalis*), Mouron des champs (*Anagallis arvensis*), Luzerne naine (*Medicago minima*), Prêle d'hiver (*Equisetum hiemale*), Crépis verdâtre (*Crepis virens*), Pâturin commun (*Poa trivialis*), Brome stérile (*Bromus sterilis*), Liseron des champs (*Convolvulus arvensis*).

Annexe 4: Données des poids frais des espèces présentes dans les couverts de St Ambroix et de St Pons (g)

POIDS FRAIS ST AMBROIX (g)	Trèfles incarnats	Trèfles souterrains	Trèfles hybrides et renversés	Ornithope délicat	Graminées	Autres adventices
Q1	50	219	113	184	19	16
Q2	167	114	80	294	0	5
Q3	44	24	71	418	0	17
Q4	78	33	21	354	0	2
Q5	49	153	95	275	0	10
% d'espèce représentée	13,40%	18,70%	13,10%	52,50%	0,70%	1,70%
<b>BIOMASSE TOTAL (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>2,32</b>					

**Espèces présentes au sein des adventices et des graminées à St Ambroix :** Véronique des champs (*Veronica arvensis*), Céraiste aggloméré (*Cerastium glomeratum*), Ivraie vivace (*Lolium perenne*), Crépis de Nîmes (*Crepis sancta*), Crépis bisannuel (*Crepis biennis*), Géranium à feuilles rondes (*geranium rotundifolia*)

POIDS FRAIS ST PONS ROULE (g)	Seigle forestier	Vesce	Trèfle incarnat	Chardon	Graminées	Autres adventices
Q1	1	94	6	23	153	36
Q2	0	375	0	0	157	35
Q3	15	5	1	0	47	100
Q4	0	95	4	0	220	46
Q5	0	104	160	0	76	25
% d'espèce représentée	0,90%	37,90%	9,60%	1,30%	36,70%	13,60%
<b>BIOMASSE TOTAL (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>1,42</b>					

POIDS FRAIS ST PONS TONDU (g)	Vesce	Trèfle incarnat	Graminées	Autres adventices
Q1	207	53	41	29
Q2	30	5	166	24
Q3	41	88	125	26
Q4	59	9	44	153
Q5	272	41	68	39
% d'espèce représentée	40,10%	12,90%	29,20%	17,80%
<b>BIOMASSE TOTAL (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>1,22</b>			

---

**Espèces présentes au sein des adventices et des graminées à St Pons :** Folle avoine (*Avena fatua*), Orge des rats (*Hordeum murinum*), Ivraie vivace (*Lolium perenne*), Fumerrette officinale (*Fumaria officinalis*), Chardon à capitules grêles (*Cordus tenuiflorus*), Géranium à feuilles rondes (*Geranium rotundifolia*), Euphore réveil-matin (*Euphorbia helioscopia*), Véronique des champs (*Veronica arvensis*), Véronique agreste (*Veronica agrestis*), Crépis biennuel (*Crepis biennis*), Epilobes à petites fleurs (*Epilobium parviflorum*), Crépis de Nîmes (*Crepis sancta*), Coquelicot (*Papaver rhoeas*), Brome stérile (*Bromus sterilis*), Brome mou (*Bromus mollis*)

Annexe 5: Données de restitution potentielle des éléments avec la méthode MERCI sur l'ensemble des parcelles (kg/ha)

Restitution potentielle du couvert de Montblanc (kg/ha)	Radis fourragers	Féverole	vesce	Luzerne (orbiculaire et naine)	Mélilot officinal	Graminée	Trèfles incarnat	TOTAL
<b>N</b>	15	7,5	9,2	24,2	5	10	0,8	<b>10,2</b>
<b>P205</b>	5	2,5	0,8	4,2	3,3	0,8	0	<b>2,4</b>
<b>K20</b>	42,5	15	16,7	46,7	27,5	19,2	1,7	<b>24,2</b>

Restitution potentielle du couvert de St Ambroix (kg/ha)	Trèfles incarnats	Trèfles souterrains	Trèfles hybrides et renversés	Autres légumineuses (Ornithope délicat)	TOTAL
<b>N</b>	9	4	8	35	<b>14</b>
<b>P205</b>	1	-	0	6	<b>1,75</b>
<b>K20</b>	20	0	18	65	<b>25,75</b>

Restitution potentielle du couvert de GAUJAC (kg/ha)	Vesce	Mélilot officinal	Graminées (Fétuque rouge, ray-gras et autres)	Trèfles blanc	TOTAL
<b>N</b>	9	11	16	2	<b>9,5</b>
<b>P205</b>	2	8	1	0	<b>2,75</b>
<b>K20</b>	20	61	27	7	<b>28,75</b>

	Restitution potentielle du couvert de St Pons (kg/ha)	Vesce	Trèfle incarnat	Graminées	TOTAL
<b>Modalité Roulée</b>	<b>N</b>	21	5	15	<b>13,7</b>
	<b>P205</b>	3	1	5	<b>3,0</b>
	<b>K20</b>	39	11	27	<b>25,7</b>
<b>Modalité Tondue</b>	<b>N</b>	16	12	9	<b>12,3</b>
	<b>P205</b>	3	1	0	<b>1,3</b>
	<b>K20</b>	32	26	15	<b>24,3</b>

*Annexe 6: Résultats statistiques sur les vitesses d'élongation entre modalités*

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	Montblanc (du 20/05 au 28/05)		Gaujac (du 19/05 au 02/06)		St Ambroix (du 19/05 au 25/05)	
	Enherbé	Travaillé	Enherbé	Travaillé	Enherbé	Travaillé
Shapiro-test	0,3211	0,1577	0,1361	0,7363	0,2134	0,7945
Test de Variance	0,0306		0,235		0,5997	
Test de student	X		0,1648		0,8952	
Test de Wilcoxon	0,5192		X		X	
Commentaires	Les deux échantillons ne sont donc pas significativement différents					
Moyenne	3,64	4,13	2,66	3,37	3,65	3,68

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	St Pons (du 17/05 au 24/05)			St Pons (du 24/05 au 10/06)		
	Roulé	Tendue	Travaillé	Roulé	Tendue	Travaillé
Shapiro-test	0,9169			0,2546		
Test de Variance	0,7588			0,9061		
ANOVA à 1 facteur	0,2776			0,06734		
Test de Welch	X					
Commentaires	Les deux échantillons ne sont donc pas significativement différents					
Moyenne	3,614	3,2142	2,8857	2,588	2,794	1,876

Annexe 7: Résultats statistiques sur les mesures de potentiels hydriques de tige des parcelles de Monblanc, Gaujac et St Ambroix

**1ère mesure : Fin Juin**

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	Montblanc (29/06)		Gaujac (24/06)		St Ambroix (01/07)	
	Enherbé	Travaillé	Enherbé	Travaillé	Enherbé	Travaillé
Shapiro-test	0,2409	0,5229	1,0e-07	0,04	0,3283	0,004
Test de Variance	0,6311		0,0001181		0,4993	
Test de student	0,07294		X		X	
Test de Wilcoxon	X		7,895e-05		0,0002864	
Commentaires	Les deux échantillons ne sont pas significativement différents		Les deux échantillons sont significativement différents		Les deux échantillons sont significativement différents.	
Moyenne (bar)	7,21	6,75	6,95	8,2	7,65	6,1

**2ème mesure : Début Juillet**

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	Montblanc (17/07)		Gaujac (09/07)		St Ambroix (16/07)	
	Enherbé	Travaillé	Enherbé	Travaillé	Enherbé	Travaillé
Shapiro-test	0,1175	0,249	0,4453	0,00682 6	0,000741 6	0,015
Test de Variance	0,1618		0,9672		0,059	
Test de student	0,2282		X		X	
Test de Wilcoxon	X		0,2996		0,02236	
Commentaires	Les deux échantillons ne sont pas significativement différents		Les deux échantillons ne sont pas significativement différents.		Les deux échantillons sont significativement différents.	
Moyenne (bar)	7,86	7,46	6,2	6,5	7,1	6,65

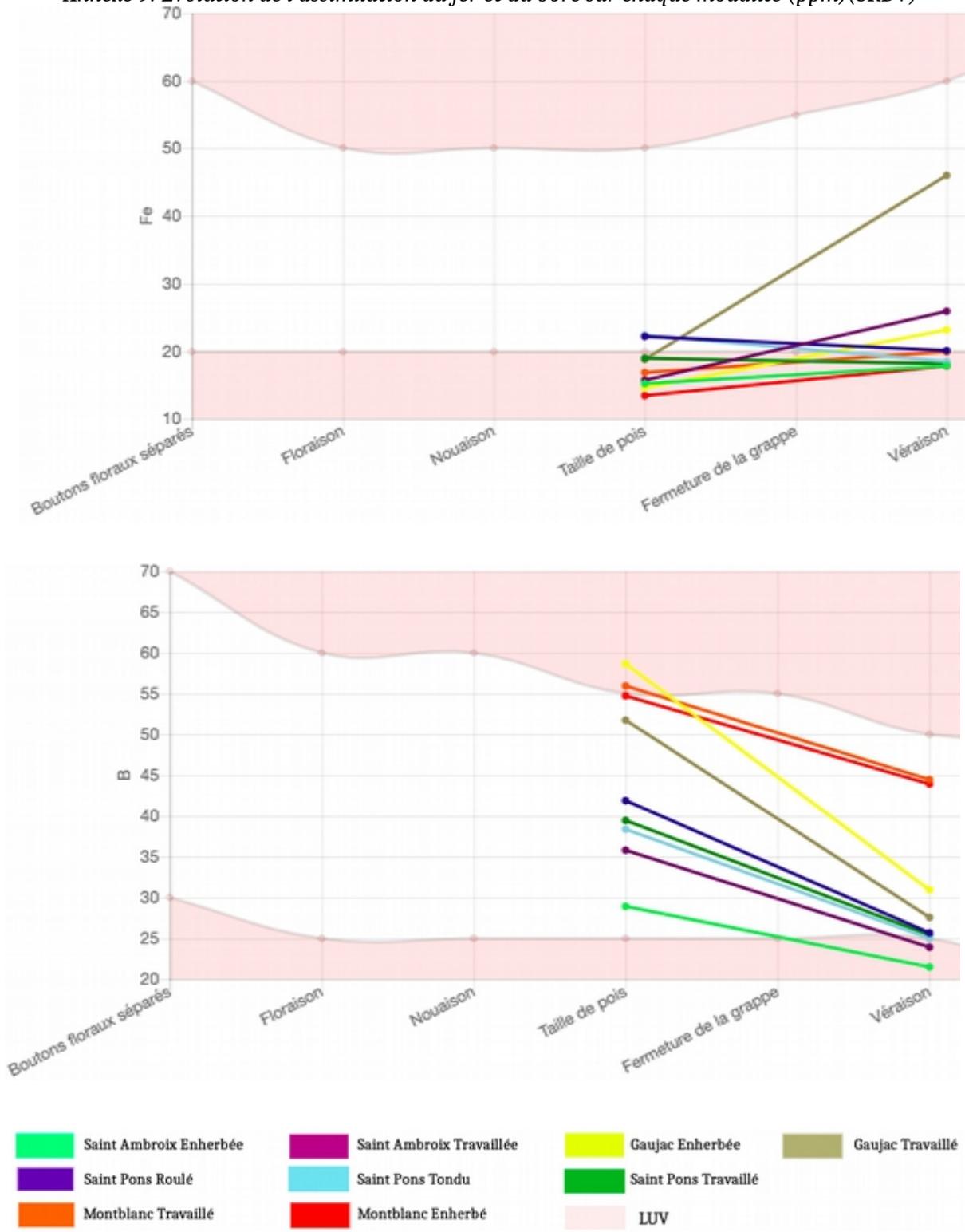
**3ème mesure : Début - mi Août**

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	Montblanc (12/08)		St Ambroix (18/08)	
	Enherbé	Travaillé	Enherbé	Travaillé
Shapiro-test	0,05613	0,01553	0,2559	0,1112
Test de Variance	0,001471		0,4916	
Test de student	X		0,14	
Test de Wilcoxon	0,1274		X	
Commentaires	Les deux échantillons ne sont pas significativement différents		Les deux échantillons ne sont pas significativement différents	
Moyenne (bar)	11,57	10,21	7,7	8,4

Annexe 8: Résultats statistiques sur les mesures de potentiels hydriques de tige de la parcelle de St Pons

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	St Pons (30/06)			St Pons (16/07)			St Pons (08/08)		
	Roulé	Tondue	Travaillé	Roulé	Tondue	Travaillé	Roulé	Tondue	Travaillé
Shapiro-test	0,2546			0,0002			0,3909		
Test de Variance	0,7133			0,03479			0,2113		
ANOVA à 1 facteur	0,0673			X			0,1074		
Test de Kruskal Wallis (alternative non paramétrique au test ANOVA à un facteur)	X			0,0001327			X		
Commentaires	Les échantillons ne sont donc pas significativement différents			Les deux échantillons sont significativement différents			Les échantillons ne sont pas significativement différents		
Moyennes	8,1	8,8	7,3	10,3	11,15	9,5	15,2	16	15,35

Annexe 9: Evolution de l'assimilation du fer et du bore sur chaque modalité (ppm)(SRDV)



Annexe 10: Résultats statistiques sur les paramètres d'analyse du contrôle maturité sur St Ambroix

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	GF (g/L) (Glucose Fructose)		TAP (% vol.) (Titre Alcoométrique Potentiel)		MV (g.cm-3) (Masse Volumique)		AT (g.L-1 eq. H2SO4) (Acidité Total)	
	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille
Shapiro-test	0,7989	0,4272	0,7879	0,4175	0,5838	0,5531	0,2323	0,175
Test de Variance	0,4428		0,4384		0,4156		0,7092	
Test de Student	0,6739		0,6712		0,6507		0,5469	
Test de Wilcoxon	X		X		X		X	
Conclusion	Les deux échantillons ne sont pas significativement différents							
Moyenne	240,2	243,4	14,272	14,464	1,101	1,1024	4,21	4,074

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	pH		AM (g.L-1) Acide malique		Tart (g.L-1) Acide Tartrique		K (mg.L-1) Potassium		Nam (mg.L-1) Azote aminé	
	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille
Shapiro-test	0,2577	0,9912	0,9611	0,6557	0,1536	0,1935	0,4461	0,1069	0,8029	0,2967
Test de Variance	0,637		0,5465		0,3397		0,2514		0,04226	
Test de Student	0,5941		0,03618		0,6723		0,1807		X	
Test de Wilcoxon	X		X		X		X		0,834	
Conclusion	Les deux échantillons ne sont pas significativement différents		Les deux échantillons sont significativement différents		Les deux échantillons ne sont pas significativement différents					
Moyenne	3,52	3,504	2,48	1,62	4,84	5,12	1531,4	1420,4	63,8	67,2

Test statistiques p-value (au seuil de 5%)	NH4 (mg.L-1) Azote ammoniacale		Nass (mg.L-1) Azote assimilable		DC13 Delta C13	
	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille	Enherbé	Travaille
Shapiro-test	0,6765	0,9345	0,3587	0,8606	0,00647	0,000131
Test de Variance	0,6642		0,2653		0,704	
Test de Student	0,61		0,6353		X	
Test de Wilcoxon	X		X		0,1213	
Conclusion	Les deux échantillons ne sont pas significativement différents					
Moyenne	82,8	91,6	146,6	158,8	-24,44	-24,38



---

*Annexe 11: Photographie de la partie semée de St Ambroix (haut) et celle non semée : futur rang labouré (bas)  
(source : Lucie Laville)*







## 1. *Impact de différentes modalités de non travail du sol sur le développement végétatif et fructifère de la vigne*

### **Résumé :**

Le non travail du sol à travers l'installation d'enherbement est un système de gestion intéressant pour palier à l'érosion des sols viticoles. Les contraintes climatiques du sud de la France tendent néanmoins à limiter son expansion malgré les avantages agronomiques et environnementaux qu'il présente. Ces dernières années la mise en place de couverts végétaux connaît un regain d'intérêt. Ce constat a mené le laboratoire Natoli & associés à se pencher sur l'impact de l'enherbement inter-rang sur la vigne dans le sud de la France.

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer l'effet de l'enherbement inter-rang sur la vigne. Cette étude se base sur plusieurs indicateurs directs et indirects du développement végétatif et fructifère de la vigne. La finalité de cette étude est d'amener à des pistes de réflexion sur le management des couverts végétaux pour adapter au mieux le conseil viticole associé.

L'étude statistique souligne un faible effet de l'enherbement sur la vigne au cours du millésime 2020. Une légère compétition de la ressource en eau est mise en évidence mais n'impacte pas la production de l'année. La confrontation de deux modes de destruction de l'enherbement tend à privilégier le roulage des couverts par rapport à la tonte.

Ces résultats mettent en avant les diversités des couverts végétaux et leur complexité. Ils apportent des éléments de réponse sur la manière de les concevoir dans le sud de la France.

**Mots-clés :** Couverts végétaux, enherbements, sol, ressources.

## 2. *Impact of different non-tillage methods on the vegetative and fruit-bearing vine's development*

### **Abstract:**

To refrain from cover crop tilling is an interesting management tactic to avoid the soil erosion of vineyards. Nevertheless, the climatic constraints in southern France tend to limit the adoption of this practice, despite the agronomic and environmental advantages that it presents. Recently however, the implementation of cover crops has seen renewed interest. This observation led the laboratory Natoli & associés to consider the impact of inter-row grass cover on vines in southern France.

The purpose of this report is to evaluate the effect that inter row grassing has on the vine. This study is based on several direct and indirect indicators on the vine's vegetative and fruit-bearing development. The purpose of this study is to reflect on the management of inter row plant cover, and how to adapt these practices to the cultivation of grape vines.

A statistical analysis underlines a minor plant cover effect on vines during the 2020 vintage. A slight competition for water resources is highlighted but doesn't seem impact the year's production. The comparison of two destructive methods for grass tended to favour rolling over mowing.

These results highlight the diversity and the complexity of cover crops. They provide some answers on how to conceive them in southern France.

**Keywords :** Plant cover, grass cover, soil, resources

*Pour citer cet ouvrage : Lucie Laville (2020). Impact de différentes modalités de non travail du sol sur le développement végétatif et fructifère de la vigne. Diplôme d'ingénieur agronome, option Viticulture-Cœnologie, Montpellier SupAgro. p 100.*

*Montpellier SupAgro, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques de Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02. <http://www.supagro.fr>*