



**HAL**  
open science

# Impacts de différentes modalités d'enherbement sur la vigueur et le fonctionnement de la vigne en Champagne

Alice Couderc

► **To cite this version:**

Alice Couderc. Impacts de différentes modalités d'enherbement sur la vigueur et le fonctionnement de la vigne en Champagne. Sciences agricoles. 2015. dumas-01235628

**HAL Id: dumas-01235628**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01235628>**

Submitted on 30 Nov 2015

**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.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE



**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**  
**présenté pour l'obtention du**  
**DIPLÔME D'INGÉNIEUR AGRONOME**  
**option : Viticulture Œnologie**

**Impacts de différentes modalités d'enherbement sur la  
vigueur et le fonctionnement de la vigne en Champagne**

**Par Alice COUDERC**

**Mémoire préparé sous la direction de :**  
**Aurélie Métay et Jean-Michel Boursiquot**

**Organisme d'accueil :**  
**Veuve Clicquot Ponsardin**  
**50, rue Carnot**  
**51380 VERZY**

**Présenté le : 05/11//2015**

**Maître de stage :**  
**Romain Le Guillou**



## Remerciements

Je tenais tout d'abord à remercier Christian Renard, Directeur du Vignoble Veuve Clicquot, pour m'avoir accueillie au sein de ses équipes. Merci de m'avoir prêté vos anthologies de viticulture qui, bien qu'ayant pris encore un an depuis le stage d'Antoine, m'ont été tout aussi utiles. Merci également pour les discussions matinales, riches en anecdotes viticoles et humaines, ainsi que pour m'avoir conviée aux réunions de chef de secteurs.

Merci à Romain Le Guillou, mon maître de stage et Directeur adjoint du vignoble, pour ta disponibilité, tes conseils et ton expertise tout au long de mon stage.

Merci à Jean-Michel Loiseau avec qui j'ai coopéré pour la mise en place et le suivi des essais. Un grand merci pour tout ce partage de connaissances techniques, de bonne humeur, et les kilomètres de discussion. Avec une pensée pour les cuisiniers du coin...

Merci aux chefs de secteur, François Guidotty, Marcelin Massy et Vianney Deschamps, et à l'ensemble des contremaîtres pour votre disponibilité et pour votre engagement pour le déroulement des essais.

Merci à Elodie Barbier, Sonia Lévêque, Nathalie Giacomini et Patrice Colteau pour leur présence au quotidien. Merci à Julie Macedo, pour ta gentillesse et pour le partage du bureau pendant ces six mois !

Enfin, merci à l'ensemble des vigneronnes et des tractoristes pour leur accueil et leur coopération pour l'entretien des essais tout au long de la campagne.

Je remercie également mes deux tuteurs de stage, Madame Aurélie Métay et Monsieur Jean-Michel Boursiquot, pour la réactivité de vos réponses et pour vos recommandations.

## *Tables des illustrations*

FIGURE 1 : LOCALISATION DES SECTEURS DU VIGNOBLE VCP .....	10
FIGURE 2 : NOMBRE MOYEN DE TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES PAR PARCELLE DE VIGNES A RAISIN DE CUVE EN 2010, SOURCE : SSP AGRESTE ENQUETE SUR LES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES EN VITICULTURE 2010 .....	16
FIGURE 3 : EXEMPLE D'ADAPTATION DES STRATEGIES DE PROTECTION PHYTOSANITAIRE CONTRE L'OÏDIUM EN 2014, SOURCE VCP (2015) .....	16
FIGURE 4 : POSITIONNEMENT DU VIGNOBLE VCP SUR UNE ECHELLE EMPIRIQUE DE VIGUEUR PAR RAPPORT A LA MOYENNE CHAMPENOISE, SOURCE VCP .....	18
FIGURE 5 : SCHEMA D'EXPLICATION DE LA DIFFERENCE ENTRE EXPRESSION VEGETATIVE ET VIGUEUR, D'APRES CHAMPAGNOL (1984) .....	20
FIGURE 6 : SCHEMA DES CONSEQUENCES DE LA VIGUEUR SUR L'EQUILIBRE HORMONAL ET LA PHYSIOLOGIE DE LA VIGNE, D'APRES CHAMPAGNOL (1984) .....	20
FIGURE 7 : LES OUTILS DE PROXIDTECTION, SOURCE CIVC SEMINAIRE AGROTIC PRESENTATION SEBASTIEN DEBUISSON (2014).....	22
FIGURE 8 : EFFETS DE QUATRE GESTIONS DE L'ENHERBEMENT DANS L'INTER-RANG SUR LE NOMBRE MOYEN TOTAL DE RACINES, SUR QUATRE HORIZONS DE PROFONDEUR ET TROIS DISTANCES AU RANG. ....	26
FIGURE 9 : INFLUENCE DE LA FERTILITE DU SOL SUR L'IMPACT DE L'ENHERBEMENT SUR LE POIDS DU BOIS DE TAILLE EN KG/SOUCHE, SOURCE : ITV, ENHERBEMENT ET IMPACTS SUR LA VIGNE (2008).....	26
FIGURE 10 : MISE EN EVIDENCE DE L'EFFET PORTE-GREFFE SUR LA VIGUEUR, SOURCE : BARBEAU G. ET BLIN A. (2010).....	28
FIGURE 11 : ÉVOLUTION DU LAI ENTRE DEBOURREMENT ET RECOLTE COMME INDICATEUR DE SENSIBILITE DE LA VIGNE A L'OÏDIUM. ....	28
FIGURE 12 : SCHEMA COMMENTE DU FONCTIONNEMENT DU PHYSIOCAP, D'APRES UNE SOURCE DU CIVC .....	36
FIGURE 13 : DEMARCHE MISE EN PLACE POUR LA REALISATION DES CARTES DE POSITIONNEMENT DES PLACETTES D'ESSAI.....	36
FIGURE 15 : RESULTATS DE CORRELATION ENTRE LES DIFFERENTS CRITERES DE BIOMASSE ET VIGUEUR LA L'ECHELLE DU RESEAU DE PLACETTES .....	44
FIGURE 16 : 2015 MILLESIME A FORTE PRESSION ESTIMEE D'OÏDIUM EN DEBUT ET MILIEU DE CAMPAGNE SUR UNE ECHELLE RELATIVE AUX MILLESIMES ANTERIEURS, SOURCE : AVERTISSEMENTS VITICOLES DU CIVC .....	46
FIGURE 17 : MATRICE DE CORRELATION DES DIFFERENTES TENEURS AZOTEES DES FEUILLES (N-TESTER A VERAISON), DES PETIOLES (ANALYSES PETIOLAIRES A VERAISON) ET DE L'AZOTE ASSIMILABLE DES MOUTS (VENDANGE).....	56
FIGURE 18 : TABLEAU D'INTERPRETATION DES ANALYSES PETIOLAIRE, NORMES CHAMPENOISES, SOURCE : COMMUNICATION PERSONNELLE D'OLIVIER GARCIA, CIVC .....	56
FIGURE 19 : EXEMPLE DE L'EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE DES SOLS SUR DIFFERENTS TERROIRS DU RESEAU D'OBSERVATION, SOURCE : METEOS DES SOLS DU CIVC.....	60
FIGURE 20 : MATRICE DE CORRELATION DE LA FREQUENCE ET DE L'INTENSITE MOYENNES DES ATTAQUES DE BOTRYTIS AVEC LES COMPOSANTES DU RENDEMENT ET LE RENDEMENT PAR HECTARE A L'ECHELLE DU RESEAU GLOBAL D'OBSERVATION .....	62
FIGURE 21 : MATRICE DE CORRELATION DE LA FREQUENCE ET DE L'INTENSITE MOYENNES DES ATTAQUES DE BOTRYTIS AVEC LES TENEURS AZOTEES DES MOUTS A L'ECHELLE DU RESEAU GLOBAL D'OBSERVATION.....	62
GRAPHIQUE 1 : EVOLUTION ET OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DE LA TONTE POUR LA GESTION DE L'ENHERBEMENT DES INTER-RANGS DU VIGNOBLE VCP, SOURCE VCP (2015) .....	14
GRAPHIQUE 2 : EVOLUTION ET OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DU DESHERBAGE MECANIQUE POUR LA GESTION DE L'ENHERBEMENT SOUS LES RANGS DU VIGNOBLE VCP, SOURCE VCP (2015) .....	14
GRAPHIQUE 3 : EVOLUTION DE LA FERTILISATION ORGANIQUE AZOTEE DANS LE VIGNOBLE VCP, SOURCE VCP (2015).....	14
GRAPHIQUE 4 : EVOLUTION ET OBJECTIFS DE REDUCTION DU NOMBRE D'IFT ANNUEL DU VIGNOBLE VCP, SOURCE VCP (2015) .....	18
GRAPHIQUE 5 : INDICE DE BIOMASSE MOYEN EN FONCTION DU NOMBRE MOYEN DE SARMENTS PAR M <sup>2</sup> , CAMPAGNES 2013-2015 .....	24
GRAPHIQUE 6 : INDICE DE BIOMASSE MOYEN EN FONCTION DU DIAMETRE MOYEN DES SARMENTS, CAMPAGNES 2013-2015.....	24
GRAPHIQUE 8 : DIFFERENCE DE RENDEMENT OBSERVEE SUR LES MODALITES DESHERBES MECANIQUEMENT SOUS LE RANG PAR RAPPORT AU TEMOIN DESHERBE CHIMIQUEMENT, SOURCE : GAVIGLIO (2013) .....	30
GRAPHIQUE 7 : DIFFERENCE DE VIGUEUR OBSERVEE SUR LES MODALITES DESHERBES MECANIQUEMENT SOUS LE RANG PAR RAPPORT AU TEMOIN DESHERBE CHIMIQUEMENT, SOURCE GAVIGLIO (2013) .....	30
GRAPHIQUE 9 : EVOLUTION DES MOYENNES PARCELLAIRES DE L'INDICE DE BIOMASSE, DU DIAMETRE MOYEN ET DE NOMBRE MOYEN DE SARMENTS PAR M <sup>2</sup> ENTRE LA CAMPAGNE 2013-2014 ET LA CAMPAGNE 2014-2015 POUR LES QUATRE PARCELLES AYANT FAIT L'OBJET D'ACQUISITION PHYSIOCAP SUR LES DEUX ANNEES .....	38
GRAPHIQUE 10 : EVOLUTION ET COMPARAISON DES DIFFERENTS PARAMETRES TECHNOLOGIQUES SUIVIS LORS DES CONTROLES DE MATURITE.....	46
GRAPHIQUE 11 : MESURES DE N-TESTER A DIFFERENTS STADES PHENOLOGIQUES.....	52

GRAPHIQUE 12 : TENEURS AZOTEES EN FONCTION DES DIFFERENTES MODALITES D'ENHERBEMENT A L'ECHELLE DU RESEAU GLOBAL D'OBSERVATION .....	54
GRAPHIQUE 13 : TENEURS AZOTEES EN FONCTION DES MODALITES PAR CLASSES DE VIGUEUR ET BIOMASSE .....	56
GRAPHIQUE 14 : TENEURS EN ELEMENTS MINERAUX ET RAPPORT K/MG ISSU DES ANALYSES PETIOLAIRES A VERAISON DES DIFFERENTES MODALITES D'ENHERBEMENT A L'ECHELLE DU RESEAU GLOBAL D'OBSERVATION .....	58
GRAPHIQUE 15 : TENEURS EN ELEMENTS MINERAUX ISSUES DES ANALYSES PETIOLAIRES A VERAISON EN FONCTION DES MODALITES D'ENHERBEMENT PAR CLASSE DE VIGUEUR ET BIOMASSE A L'ECHELLE DU RESEAU GLOBAL D'OBSERVATION .....	58
GRAPHIQUE 16 : FREQUENCE MOYENNE EN % DE L'ATTAQUE D'OÏDIUM SUR FEUILLE PAR PLACETTE .....	60
GRAPHIQUE 17 : MOYENNES DES NOTES ATTRIBUEES A LA DEGUSTATION DE BAIES EN FONCTION DES MODALITES D'ENHERBEMENT ET CLASSES DE VIGUEUR A L'ECHELLE GLOBALE DU RESEAU D'OBSERVATION .....	66
GRAPHIQUE 18 : TITRE ALCOOMETRIQUE POTENTIEL ET ACIDITE TOTALE EN FONCTION DES DIFFERENTES MODALITES D'ENHERBEMENT ET CLASSES DE VIGUEUR ET BIOMASSE A L'ECHELLE DU RESEAU GLOBAL D'OBSERVATION .....	66
TABLEAU 1 : INFLUENCE DE L'ESPECE DE LA CULTURE INTERCALAIRE SUR LA VIGUEUR, LE POTENTIEL DE PRODUCTION ET LA COMPOSITION DES MOUTS, SOURCE : DELABAYS (2010) .....	28
TABLEAU 2 : NOMBRE DE RAMEAUX PAR SOUCHE ET POIDS DE BOIS DE TAILLE (PBT), MESURES A LA TAILLE, EN FONCTION DE DIFFERENTES MODALITES D'ENTRETIEN DE L'ENHERBEMENT. SOURCE : CELETTE (2007) .....	30
TABLEAU 3 : RESULTATS 2014 DES VALEURS MOYENNES ET DES CLASSES DE BIOMASSE MOYENNE (MM <sup>2</sup> /M <sup>2</sup> ), DE DIAMETRE MOYEN DES SARMENTS (MM) ET DE NOMBRE DE SARMENTS MOYEN (NBRE/M <sup>2</sup> ) POUR LES TROIS CEPAGES DU VIGNOBLE VCP, SOURCE : DAUPHIN (2014) .....	32
TABLEAU 4 : RESULTATS DES ESSAIS SUR LA VIGUEUR DE LA VIGNE MIS EN PLACE EN 2014 PAR LE VIGNOBLE VCP, SOURCE : DAUPHIN (2014) .....	32
TABLEAU 5 : RECAPITULATIF DES DIFFERENTS BIAS LIES AUX DIFFICULTES D'APPLICATION DU PROTOCOLE SUR LES PARCELLES .....	38
TABLEAU 6 : PRESENTATION DES PARCELLES D'ESSAI .....	40
TABLEAU 7 : SUITE DE LA PRESENTATION DES PARCELLES D'ESSAI .....	42
TABLEAU 8 : MOYENNES ET ECART-TYPES DES PLACETTES APPARTENANT A UNE MEME MODALITES D'ENHERBEMENT ET ENTRE CLASSE DE VIGUEUR A L'ECHELLE INTRA-PARCELLAIRE .....	44
TABLEAU 9 : DATES DES DIFFERENTS STADES PHENOLOGIQUES 2015 EN CHAMPAGNE .....	46
TABLEAU 10 : PROTOCOLES D'OBSERVATION DE DIFFERENTS PARAMETRES INFLUENCES PAR LA VIGUEUR ET LA BIOMASSE .....	48
TABLEAU 11 : NOUVELLE CLASSIFICATION ET CATEGORISATION TROIS QUANTILES EGAUX (FAIBLE, MOYEN, FORT) DE L'INDICE DE BIOMASSE, DU DIAMETRE MOYEN DES SARMENTS ET DU NOMBRE MOYEN DE SARMENTS PAR M <sup>2</sup> DETERMINEES D'APRES LES ACQUISITIONS PHYSIOCAP 2014-2015 SUR L'INTEGRALITE DU PARCELLAIRE VITICOLE DE VCP .....	50
TABLEAU 12 : CLASSIFICATION DES PARCELLES D'ESSAI SELON LES NOUVELLES CLASSES DEFINIES EN 2015 .....	50
TABLEAU 13 : MESURES MOYENNES DE N-TESTER PAR PARCELLE EN FONCTION DES DIFFERENTES MODALITES D'ENHERBEMENT ET CLASSES DE BIOMASSE ET VIGUEUR .....	52
TABLEAU 14 : CALCULS DES RATIOS ENTRE LES MESURES DE N-TESTER DE LA MODALITE M0 ET LA MOYENNE DES MODALITES M1 ET M2 POUR LES DIFFERENTES CLASSE DE VIGUEUR ET LEUR VARIATION ENTRE LES STADES PHENOLOGIQUES 7/10 FEUILLES ET VERAISON .....	54
TABLEAU 15 : CALCULS DES RATIOS ENTRE LES MESURES DES PARAMETRES AZOTES DES MODALITES D'ENHERBEMENT ENTRE ELLES .....	54
TABLEAU 16: FREQUENCE DE BOTRYTIS EN % A LA VENDANGE EN FONCTION DES MODALITES A L'ECHELLE PARCELLAIRE D'OBSERVATION .....	62
TABLEAU 17 : COMPOSANTE DU RENDEMENT ET RENDEMENT A L'HECTARE EN FONCTION DES MODALITES D'ENHERBEMENT ET DES CLASSES DE VIGUEUR ET BIOMASSE .....	64
TABLEAU 18 : NOTES ISSUES DES DEGUSTATIONS DE BAIES PAR PARCELLE ET CEPAGE EN FONCTION DES DIFFERENTES MODALITES D'ENHERBEMENT .....	64

## *Sigles et abréviations*

CEC : Capacité d'Echange Cationique

CIVC : Comité Interprofessionnel des Vins de Champagne

CMR1B : Dangers cancérigène, Mutagène ou Toxique pour la reproduction présumés pour l'Homme de substances et préparations ou mélanges

HVE : Haute Valeur Environnementale

IFT : Indice de Fréquence de Traitements

ISB : Indice de Stabilité Biologique

K : Potassium

MHCS : Moët Hennessy Champagne & Services

Mg : Magnésium

M0 : Modalité témoin

M1 : Enherbement 1 inter- rang sur 2

M2 : Enherbement 1 inter-rang sur 2 détruit jusqu'en mai/juin

N : Azote

RU : Réserve Utile

TAP : Titre Alcoométrique Potentiel

VCP : Veuve Clicquot Ponsardin

## Table des matières

1.	Contexte, notions indispensables et enjeux.....	11
a)	Le vignoble Veuve Clicquot.....	11
i.	Des pratiques en évolution en Champagne, le vignoble Clicquot précurseur.....	11
ii.	Les enjeux du vignoble et adaptation des pratiques.....	17
b)	Vigueur et entretien du sol, les notions déjà acquises.....	19
i.	La vigueur.....	19
ii.	L'enherbement, une pratique aux conséquences opposées à la vigueur.....	25
c)	Les acquis du vignoble et essais 2015.....	33
i.	Résultats acquis en 2014.....	33
ii.	Les essais mis en place en 2015.....	33
2.	Matériel et méthode.....	35
a)	Mise en place des essais.....	35
i.	Principe.....	35
ii.	Les acquisition et traitements des données Physiocap.....	35
iii.	Présentation des parcelles d'essai.....	37
iv.	Les placettes d'essai.....	41
v.	Déroulement de la campagne 2014-2015.....	43
b)	Suivis des paramètres liés au comportement de la vigne.....	43
i.	Nutrition et équilibre physiologique de la vigne.....	45
ii.	Suivis de paramètres influencés par la vigueur modulée par l'enherbement.....	45
3.	Résultats et analyse.....	49
a)	Résultats issus des données Physiocap.....	49
b)	Les résultats du suivi de l'état nutritionnel de la vigne au moût.....	51
i.	La nutrition azotée de la vigne et incidence sur le moût.....	51
ii.	Résultats issus des analyses pétiolaires : les autres éléments majeurs.....	55
c)	Les résultats des suivis qualitatifs et quantitatifs, de la vigne à la récolte.....	59
i.	Le suivis des maladies cryptogamiques.....	59
ii.	Suivi des composantes du rendement et de qualité de la vendange.....	61
4.	Conclusion sur l'essai 2015 et perspectives.....	67
I.	Annexe 1 : Cartes commentées de l'historique de terrassement des parcelles pouvant expliquer en partie l'hétérogénéité de vigueur intra parcellaire.....	72
II.	Annexe 2 : Cartes parcellaires d'interpolation de l'indice de biomasse bois et des diamètres moyens des sarments. Cartes utilisées pour le placement des placettes d'observation en fonction de trois niveaux de vigueur intra-parcellaires.....	74
III.	Annexe 3 : Fichiers de dégustation de baies des Chadonnay, Pinot noir et Meunier.....	80
IV.	Annexe 4 : Graphique et tableau en référence à la partie sur la nutrition azotée des placettes	82
V.	Annexe 5 : Tableau en référence à la partie sur la nutrition minérale des placettes.....	83





## Introduction

La Champagne connaît actuellement une transition dans ces pratiques culturelles en lien avec une démarche pour une viticulture durable (Agreste Champagne Ardenne, 2012). Le durcissement du cadre réglementaire, les attentes sociétales envers des systèmes de production durable et la mise en place de démarches proactives en R&D de certains acteurs champenois sont autant d'éléments moteurs pour l'évolution des pratiques viticoles en Champagne. Région historiquement réputée comme fortement consommatrice d'intrants, la Champagne s'est, depuis 2001, lancée dans une démarche collective de création d'un référentiel « Viticulture raisonnée ». Celui-ci a ensuite évolué pour aboutir, en avril 2014, à la dernière version du référentiel « Viticulture Durable ». (CIVC, 2014 ; Pinon-Guérin, 2014). La nouveauté de cette approche « Viticulture Durable » et le changement qu'elle implique dans les habitudes de production champenoises, suppose qu'elle soit intégrée et prise en compte dans la définition des objectifs de production, qualitatifs et quantitatifs, des viticulteurs.

La mise en place d'outils permettant de définir des seuils d'acceptabilité en termes quantitatif (rendement) et qualitatif (respect de la typicité du produit) semble donc être un aspect primordial pour que la viticulture durable soit totalement acceptable par les viticulteurs. Le développement d'outils d'aide à la décision et de conseils (guides pratiques, suivis météorologiques, avertissements viticoles, réseaux de surveillance Magister...) s'est entre autre traduit par une réduction de la quantité de produits phytosanitaires de 50 % en 15 ans. (extranet professionnel CIVC, Maîtrise des intrants). La viticulture de précision, apparue en 1998, vient ainsi s'intégrer dans cette démarche de développement d'outils d'aide visant à une conduite d'un vignoble durable en Champagne. L'acquisition de données géoréférencées permet de collecter des observations objectives, et ainsi, de caractériser et d'établir des préconisations pour un pilotage précis du vignoble (gestion de la vigueur et du rendement, optimisation de l'application de produits phytosanitaires...) (Tisseyre, 2014).

La maison Veuve Clicquot est engagée dans une démarche de viticulture durable sur son vignoble de 350 ha, depuis une dizaine d'années. Les vignobles MHCS, dont fait partie Veuve Clicquot, ont obtenu, en juillet 2014, la certification Viticulture Durable en Champagne et la certification HVE en supplément de la certification ISO 14001 détenue depuis 2004. Cet engagement s'est traduit par une transition rapide dans les pratiques viticoles permettant une réduction des intrants (stratégies alternatives de traitements, enherbement du vignoble, désherbage mécanique), par l'utilisation de produits moins nocifs pour l'applicateur et l'environnement, tout en préservant la sécurité et la santé de ses salariés (groupes de travail pénibilité et sécurité). La modification rapide du système de production a toutefois eu des répercussions sur le vignoble : les niveaux de rendements et vigueur atteignent les limites basses des seuils d'acceptabilité fixés par la Maison. Depuis l'automne 2013, le vignoble Veuve Clicquot s'est doté de capteurs Physiocap développés par le CIVC. Ce dernier permet d'estimer et de cartographier la vigueur du vignoble. Les résultats traités en 2014 ont pu confirmer les observations empiriques de l'influence de l'expression végétative (estimée par la biomasse) sur le comportement de la vigne. Le niveau de « biomasse modérée » a été défini comme étant celui souhaité pour atteindre un optimum qualitatif et quantitatif (Dauphin, 2014). Dans la continuité

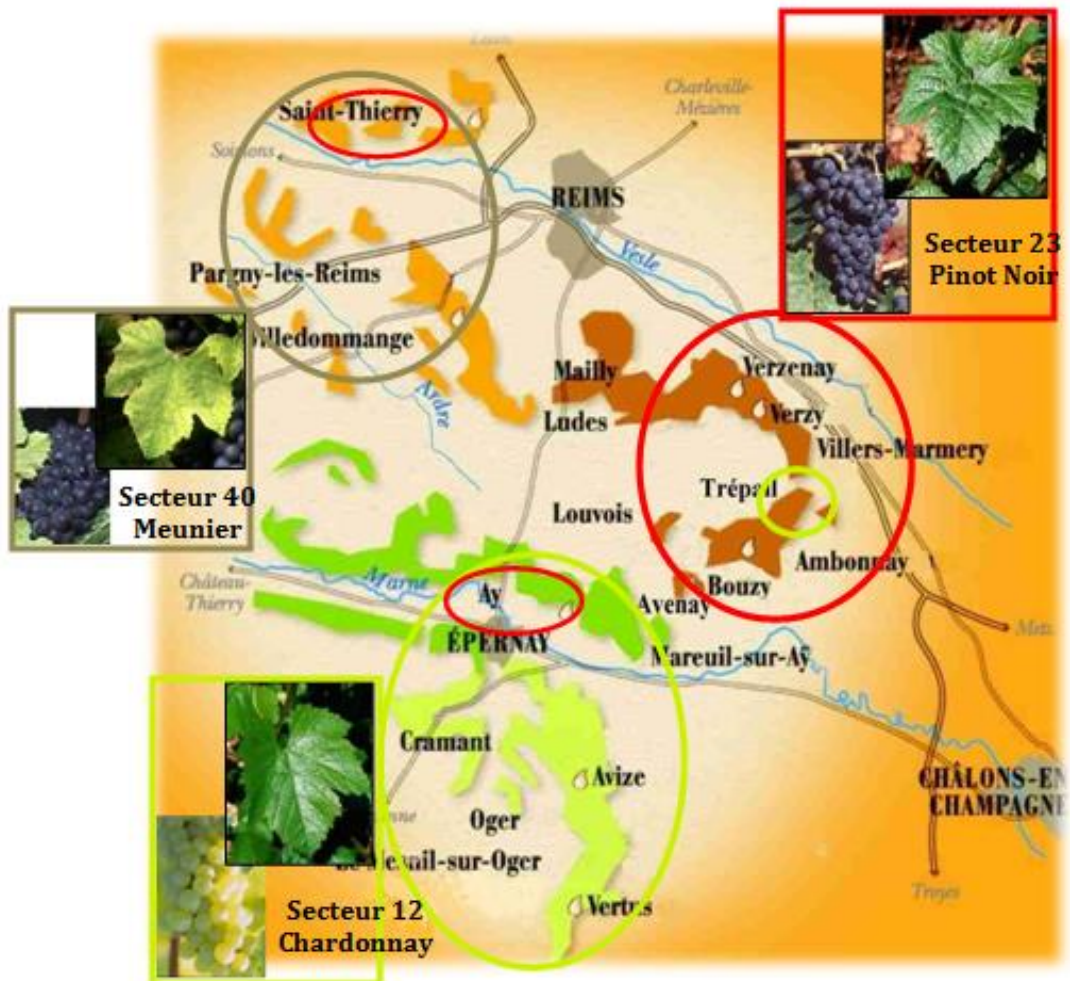


Figure 1 : Localisation des secteurs du vignoble VCP

de ceci, des expérimentations faisant le lien entre vigueur, biomasse, gestion de l'enherbement par des techniques de désherbage mécanique et comportement de vigne ont été mis en place en 2015. L'objectif des essais de 2015 est de répondre à la question suivante : dans quelle mesure l'enherbement du vignoble influence-t-il la vigueur et le comportement de la vigne pour un objectif de production qualitatif et aux rendements acceptables? Ce document visera donc à présenter les essais mis en place à partir des données issues du Physiocap, ensuite de faire le lien entre enherbement-vigueur-fonctionnement de la vigne et enfin d'ouvrir sur des perspectives d'adaptation de la gestion du vignoble.

## *1. Contexte, notions indispensables et enjeux*

### *a) Le vignoble Veuve Clicquot*

L'implication de la Maison pour faire évoluer ses pratiques vers une viticulture durable s'est traduite par une adaptation technique, organisationnelle et sociale au sein du vignoble. D'un point de vue technique, ce changement d'orientation de production s'est traduit par de nouvelles stratégies d'entretien des sols, de protection du vignoble, de fertilisation et de maîtrise de la vigueur. A ceci s'ajoute la prise en compte de l'aspect social, grâce à la mise en place d'un groupe de travail pénibilité depuis 2007 et d'un groupe de travail sécurité depuis décembre 2014, dans le but de veiller à la santé et à la sécurité de ses 123 salariés CDI, 70 saisonniers et 1200 saisonniers durant les vendanges.

#### *i. Des pratiques en évolution en Champagne, le vignoble Clicquot précurseur*

Avec l'exploitation de 390 hectares de vignes, localisés en trois secteurs géographiques, le vignoble Veuve Clicquot a su faire évoluer ses pratiques sur l'intégralité de sa surface. La mise en place des innovations au sein du vignoble a été ajustée en fonction des caractéristiques intrinsèques des parcelles, très diverses entre elles. Plusieurs facteurs ont été pris en compte :

– la diversité des sols et les caractéristiques du matériel végétal. La Côte des Blancs est caractérisée par un sol peu profond et par des affleurements de craie, la Montagne de Reims présente un sol plus profond au sous-sol crayeux, alors la Vallée de la Marne offre des sols plus riches en argiles, marnes et sables. Chaque cépage a été implanté sur les secteurs pédogéoclimatiques les plus propices à une production de qualité : le Chardonnay est planté sur le secteur de la Côte des Blancs et sur les villages de Trépail et Villers-Marmery, le Pinot noir se retrouve dans la région d'Aÿ, sur la Grande Montagne de Reims et, en moindre proportion, sur la Montagne Ouest, le Meunier est planté sur le secteur 40 (cf. Figure 1). La forte teneur en calcaire actif a conduit au choix du porte-greffe 41B, le plus largement utilisé en Champagne et au sein du vignoble VCP. La diversité des sols est un point primordial à prendre compte, notamment pour l'évolution des pratiques de travail du sol et de fertilisation.

– les conditions climatiques, sont celles d'un « climat frais, à nuits très fraîches et au climat subhumide » (Tonietto, 1999).



Il se caractérise par des températures annuelles moyennes de 11°C par un ensoleillement faible, limité à 1650h/an, et d'une pluviométrie modérée et régulière d'en moyenne 700mm/an. L'influence continentale est ressentie principalement l'hiver avec des températures pouvant être largement négatives, et engager la viabilité des bourgeons et la pérennité de la plante (CIVC, 2012). Les conditions climatiques varient au sein et entre parcelles et plus largement encore, entre les différents secteurs (secteurs plus ou moins arrosés, parcelles plus gélives que d'autres...). Ceci est donc pris en compte dans le choix et les dates d'application des techniques appliquées aux parcelles. De plus, l'adaptation des pratiques est aussi réfléchiée en fonction de la variabilité annuelle et prend en compte la dynamique du réchauffement climatique. Beltrando et Briche (2010), ont abouti à des prédictions de températures moyennes comprises entre 14 et 16 °C pour les années 2010-2040, une persistance des gels printaniers et une augmentation de périodes estivales aux chaleurs extrêmes. Ce point sera intégrer pour l'adaptation de l'intégralité de l'itinéraire cultural (avancement-raccourcissement des dates et cycles phénologiques, adaptation de la stratégie d'enherbement et de, pressions de ravageurs et de maladies etc.).

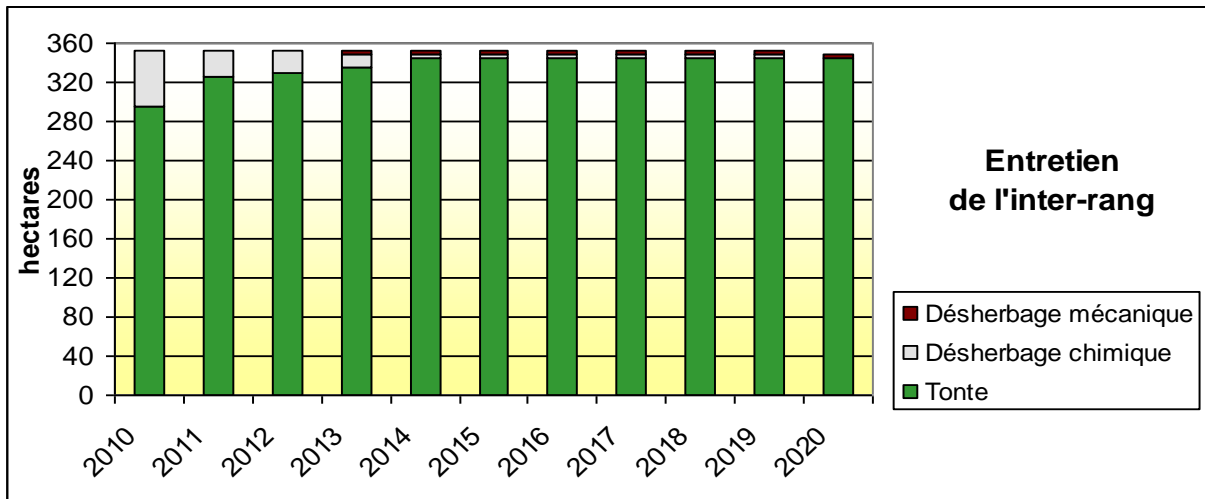
– les objectifs quantitatifs et qualitatifs. Les rendements de l'appellation Champagne sont fixés chaque année en fonction du potentiel de la vendange, des volumes de réserves et de la demande du marché. Aujourd'hui, le vignoble Veuve Clicquot se positionne dans la moyenne basse des rendements moyens champenois. Sur le plan qualitatif, Veuve Clicquot adapte ses pratiques, notamment par la gestion de la vigueur, afin de produire des raisins mûrs, sains, conservant une belle acidité et des teneurs en azote assimilable suffisantes pour assurer un bon déroulement des fermentations,

– les capacités logistiques, l'évolution des contraintes réglementaires, la sécurité et la pénibilité des travaux. La politique du vignoble est d'anticiper les évolutions réglementaires, de plus en plus restrictives quant aux matières actives autorisées, et d'acquérir suffisamment d'expertise dans les méthodes alternatives aux traitements phytosanitaires. Cette volonté permet également de faire évoluer son parc matériel progressivement avec des outils répondants aux attentes en termes d'efficacité d'action, de sécurité et de pénibilité du travail.

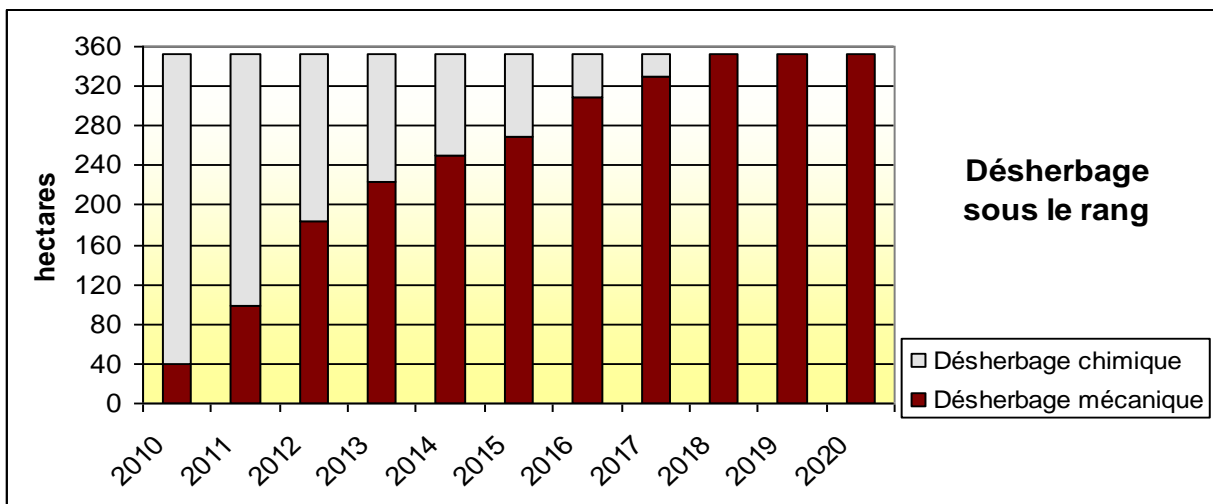
Ainsi, la Direction du Vignoble VCP a mise en place une politique d'évolution de ses pratiques pour répondre aux nouvelles exigences de la viticulture durable et de ses objectifs. Elle s'est traduite par la mise en place de techniques décrites dans les points suivants.

- **L'entretien du sol**

En 15 ans, la quantité d'herbicide utilisée en Champagne a chuté de 40% (Descôtes et Moncomble, 2013). L'enherbement des parcelles progresse et représentait 26% des surfaces en 2010 (enherbement permanent 18% et temporaire 12%). Il est principalement de type spontané, permanent, et en majorité sur tous les inter-rangs (67%) et pour 15% un interrang sur deux. Bien qu'en progression, l'enherbement reste toutefois inférieur à la moyenne nationale de 49%. Par ailleurs, les pratiques de désherbage mécanique se démocratisent même si, tout comme l'enherbement, cette technique reste également sous représentée par rapport à la moyenne française. Pour illustrer ceci, 50 % des parcelles en 2010 étaient toujours en

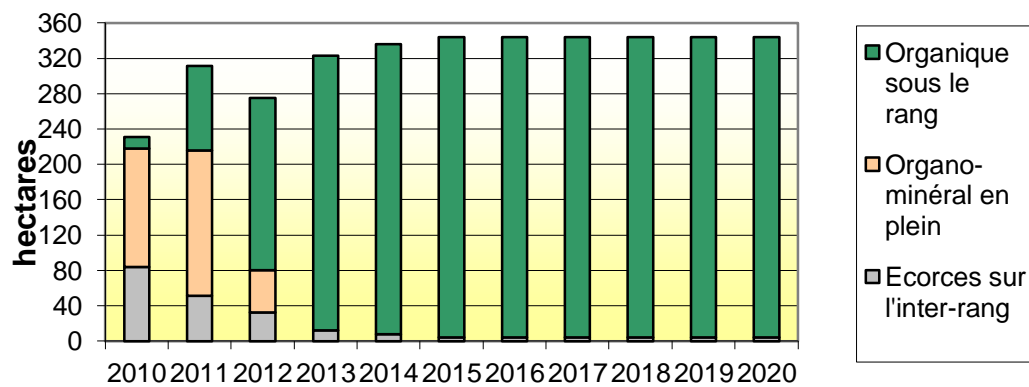


Graphique 1 : Evolution et objectifs de développement de la tonte pour la gestion de l'enherbement des inter-rangs du vignoble VCP, source VCP (2015)



Graphique 2 : Evolution et objectifs de développement du désherbage mécanique pour la gestion de l'enherbement sous les rangs du vignoble VCP, source VCP (2015)

### Fertilisation azotée



Graphique 3 : Evolution de la fertilisation organique azotée dans le vignoble VCP, source VCP (2015)

désherbage chimique exclusif et le désherbage en plein était réalisé dans 80% des cas (Agreste Champagne Ardennes, 2012). Les atouts que recherche la direction du vignoble VCP avec le développement de ces pratiques sont multiples. Il s'agit à la fois de maîtriser la vigueur et la nutrition des plants, de diminuer les doses d'herbicides utilisées tout en contrôlant la concurrence des adventices, d'améliorer la portance des engins et de limiter l'érosion du sol. L'objectif visé à terme est d'atteindre le 0 herbicide en 2020 sur le vignoble. En dix ans, de 2005 à 2014, le vignoble a été progressivement enherbé dans tous les inter-rangs jusqu'à atteindre 99% des surfaces entretenues par tontes (cf. Graphique 1). L'enherbement est principalement naturel, ou bien semé avec du pâturin des prés sur quelques parcelles. Le travail de désherbage mécanique sous le rang a été testé pour la première fois en 2008 et représentait 72% des surfaces désherbées en 2014 (cf. Graphique 2). L'entretien est réalisé sur le rang grâce à des lames intercepts ou bien des outils rotatifs. Certaines parcelles ne sont pas désherbées mécaniquement car elles présentent des difficultés à la mise en œuvre du travail du sol (dévers important, sols lourds et humides). De plus, cette pratique nécessite des investissements matériels et humains important (formation et sensibilisation des vigneron). A ceci s'ajoute la volonté d'étaler dans le temps « les effets de résilience » de ces pratiques sur les pertes de vigueur et de rendements constatées. Les objectifs du 100% mécanique visé pour 2020 et de vignoble intégralement enherbé ont dû être révisés comme il le sera présenté dans la suite de ce rapport (1. a)ii).

- **La fertilisation**

En termes de fertilisation, les apports minéraux ont largement décru en Champagne en 40 ans (Descôtes et Moncomble, 2013), alors que la couverture en amendement organique a augmenté et est supérieure à la moyenne nationale. Cette pratique est à mettre en lien avec les objectifs de rendements, de recherche de vigueur relativement élevée et de son coût.

Sur le vignoble Clicquot, la modification de l'entretien du sol avec l'enherbement des parcelles a eu des répercussions sur la gestion de la fertilisation et a impliqué d'adapter cette dernière afin de satisfaire aux besoins de la vigne. La fertilisation organique azotée sous forme de bouchons organiques (engrais ou amendement) a été mise en place dans le vignoble depuis plusieurs années et est appliquée sous le rang afin de ne pas encourager la concurrence de l'herbe dans l'inter-rang. Cette pratique remplace l'apport d'écorces qui était traditionnellement réalisé. Le 100% organique a été atteint en 2014 (cf. Graphique 3). Des apports minéraux de potasse et de magnésie sont également réalisés en complément.

- **La protection du vignoble**

Du fait de son climat, la Champagne est principalement confrontée aux maladies fongiques que sont le mildiou, l'oïdium et le botrytis. Tout comme pour les autres régions viticoles françaises, la lutte contre les maladies fongiques est le premier poste d'intrants phytosanitaires.

La Champagne reste au-dessus de la moyenne nationale en termes de traitements (cf. Figure 2). A l'échelle champenoise, l'augmentation de la prophylaxie a concouru à la



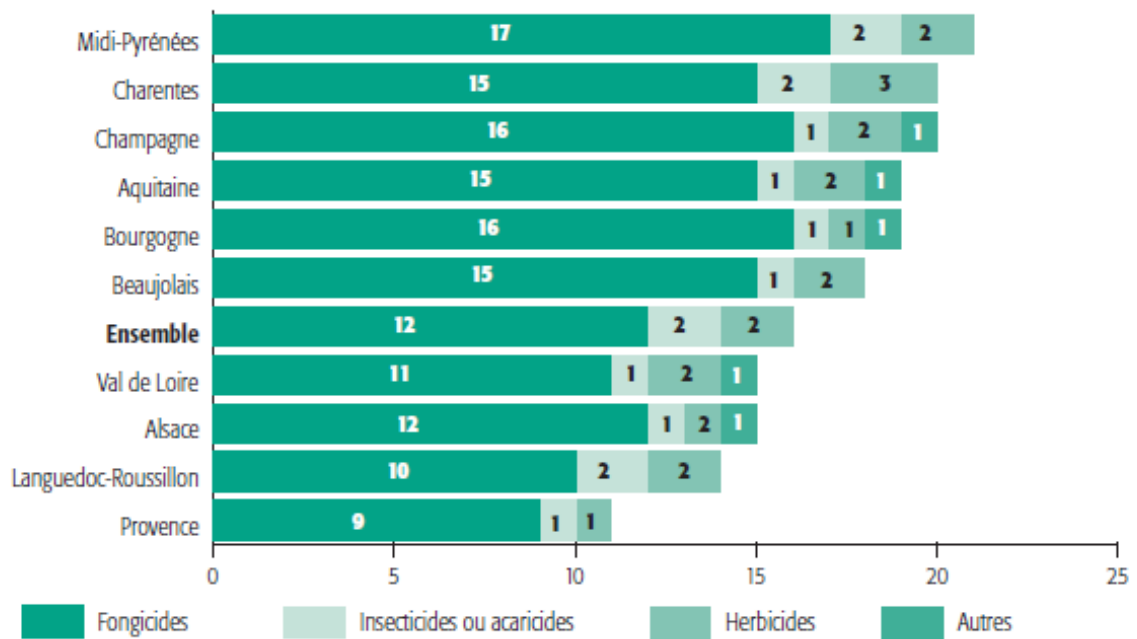


Figure 2 : Nombre moyen de traitements phytosanitaires par parcelle de vignes à raisin de cuve en 2010, source : SSP Agreste Enquête sur les pratiques phytosanitaires en viticulture 2010

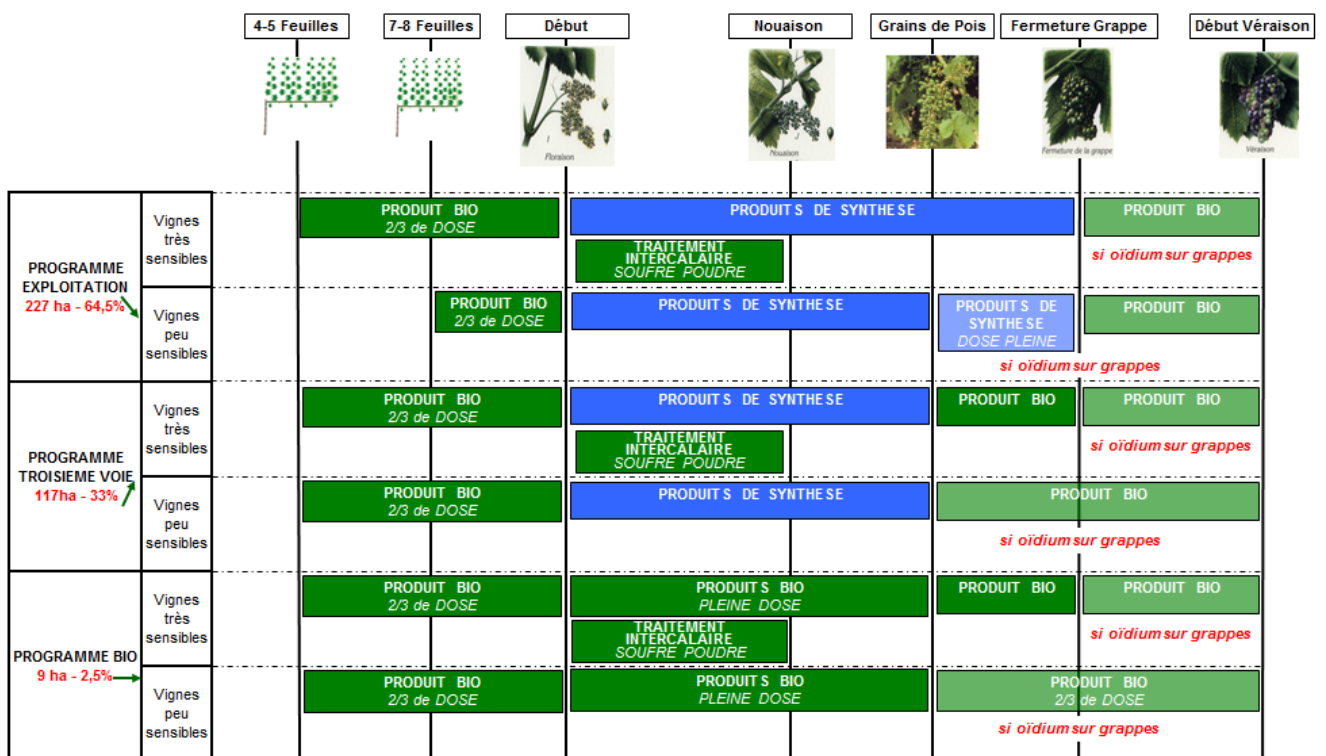


Figure 3 : Exemple d'adaptation des stratégies de protection phytosanitaire contre l'oidium en 2014, source VCP (2015)

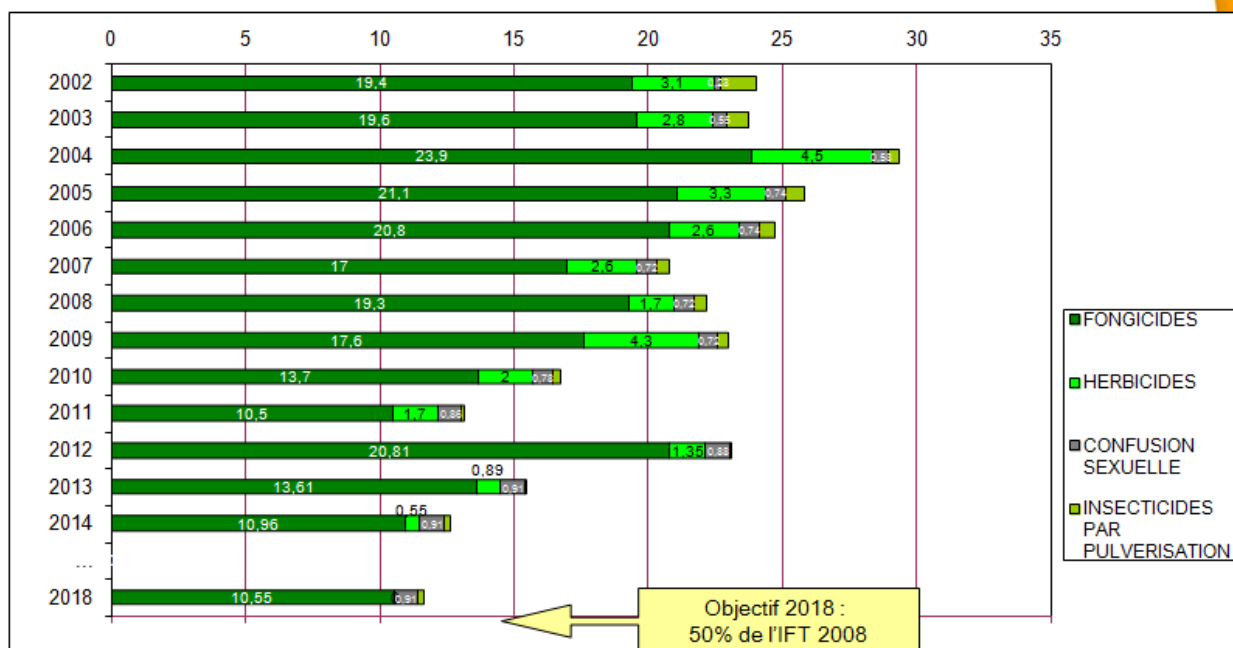
réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires. A ceci s'ajoute une réduction assez importante des insecticides, liée à la mise en place sur une grande partie du vignoble champenois (30% en 2010) de la confusion sexuelle d'Eudémis et Cochyllis, principaux ravageurs au vignoble ([Agreste Champagne Ardennes, 2012](#)).

Toujours dans la logique de gestion durable du vignoble, Veuve Clicquot a mis en place trois stratégies de traitements phytosanitaires depuis 2010 : la stratégie « Exploitation » basée sur l'utilisation de produits de synthèse tout au long du cycle végétatif avec optimisation des doses en fonction du cycle végétatif et de la pression parasitaire, la stratégie « Bio » qui n'utilise que les produits autorisés en Agriculture Biologique, et enfin la stratégie « 3<sup>ème</sup> voie » qui consiste en l'utilisation principale de cuivre et soufre, substitués par des produits de synthèse lors de la période de plus grande sensibilité de la vigne aux maladies : entre la floraison et le stade grain de pois ([cf. Figure 3](#)). En 2015, environ un tiers de la surface est couverte avec la stratégie 3<sup>ème</sup> voie, et 8 ha, répartis sur les 3 secteurs, sont en Bio. Par ailleurs, les traitements insecticides sont réduits au strict minimum et ne sont déclenchés que suite au dépassement des seuils de comptage. Le faible IFT des traitements insecticides s'explique grâce à la lutte par confusion sexuelle contre Eudémis et Cochyllis sur l'intégralité du vignoble VCP. De plus, de récents essais ont permis de faire évoluer le parc de pulvérisateurs à rampes pneumatiques par-dessus la vigne vers des pulvérisateurs avec des rampes à jets portés descendantes dans le rang afin d'augmenter l'efficacité de la pulvérisation. Enfin, les opérations en vert, en régulant la charge en fruit et en limitant l'entassement du feuillage, permettent de limiter la sensibilité des plantes aux maladies et donc de réduire les traitements. Grâce à l'intégration de ces nouvelles pratiques au vignoble et au vu des résultats positifs obtenus en 2014, il semblerait que l'objectif d'atteindre en 2018, 50% du nombre d'IFT de 2008 puisse être atteignable ([cf. Graphique 4](#)). Ce propos reste cependant à modérer et doit prendre en compte l'effet du millésime sur la pression parasitaire (2014 année à faible pression par rapport à 2012) et les nouvelles contraintes réglementaires sur les produits phytosanitaires.

## *ii. Les enjeux du vignoble et adaptation des pratiques*

La problématique de la gestion de la vigueur du vignoble VCP est née suite à la modification des pratiques culturales initiées depuis 2005. Elle a été fondée sur un constat issu d'observations visuelles sur le terrain : environ 90% du vignoble de VCP présenterait une vigueur inférieure à la moyenne champenoise ([cf. Figure 4](#)). Ceci a été confirmé notamment par les rendements inférieurs récoltés à la vendange 2014 : en moyenne, le vignoble Clicquot a produit, 2000 kg de moins par hectare que la moyenne champenoise ([source interne VCP, après-midi technique 2014](#)). Deux leviers d'action ont été avancés pour palier ceci : la gestion de l'enherbement (densité, largeur des bandes, fréquence de tonte...) et celle de la fertilisation azotée (organique, foliaire, quantité d'apport...). Concernant l'enherbement, la décision de passer 15% du vignoble en enherbement en plein un rang sur deux a été prise pour les parcelles présentant des vigueurs jugées trop faibles. Le seuil des 15% a été fixé au regard du surcroît de pénibilité que le désherbage mécanisé des inter-rangs entraîne pour le travail manuel des vigneronnes. Aussi, certaines parcelles qui auraient méritées d'être travaillées un inter-rang sur deux ne le seront pas en 2015. En ce qui concerne la fertilisation azotée, des

### Evolution IFT Vignoble VCP Période 2002-2014



Graphique 4 : Evolution et objectifs de réduction du nombre d'IFT annuel du vignoble VCP, source VCP (2015)

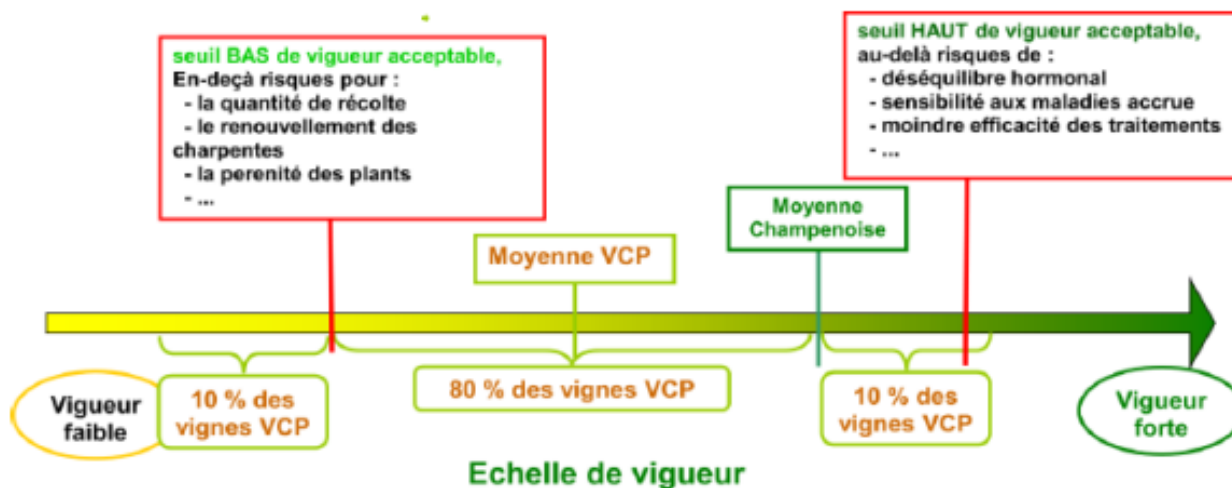


Figure 4 : Positionnement du vignoble VCP sur une échelle empirique de vigueur par rapport à la moyenne champenoise, source VCP

essais d'apports d'azote foliaires ont été réalisés. Le premier, dosé à 5 unités à 7-8 feuilles, n'a pas été concluant. Des brûlures du feuillage ont été constatées malgré une faible concentration du produit à l'application et à l'adaptation des buses au traitement. Les dosages ont été revus à la baisse (passage à 3,7 unités) et aucun dégât n'a été observé. Deux pulvérisations ont donc eues lieu : l'une à 7-8 feuilles et l'autre à 10-11 feuilles, avant floraison pour des parcelles du secteur 23. Sur les secteurs 12 et 40, la deuxième pulvérisation a été décalée après nouaison pour des questions de trop grande proximité de l'application avec la date de floraison prévue. Une pulvérisation trop proche de la floraison aurait pu augmenter le risque de coulure. La deuxième application a été effectuée à pré-véraison, avec pour objectif principal d'augmenter les teneurs en azote assimilable des moûts. Ces apports d'azote foliaires ne sont pas réalisés de façon systématique au vignoble. Ils ont été réfléchis en tant que « méthode compensatoire » pour faire face à un manque d'azote disponible pour les plantes dû aux conditions climatiques printanières sèches, limitant la minéralisation et les capacités d'assimilation de l'azote par la plante. L'initiative de ces essais a été décidée grâce à la cartographie de vigueur du Physiocap et au savoir empirique des vignerons.

Par ailleurs, l'évolution de la réglementation avec l'interdiction de certaines matières actives d'herbicide d'ici à 2017 (2016 pour l'amino-triazole), la diminution des passages autorisés par campagne, le classement en CMR1B du glyphosate, entraîne des modifications obligatoires de la gestion des surfaces enherbées. Avec un vignoble enherbé à 100% et deux stratégies de gestion de l'enherbement (75% de désherbage mécanique sous le rang, 25% de désherbage chimique sous le rang), la Direction du Vignoble a mis en place dès 2015 une modulation de ses stratégies. Dès 2015, le désherbage mécanique s'applique à l'intégralité du vignoble. Toutefois, celui-ci est réalisé selon une modalité « désherbage mécanique strict », sur environ 60% du vignoble, et une « stratégie mixte » pour les 40 autres. Cette « stratégie mixte » repose sur une alternance de désherbage mécanique et chimique au cours de la campagne. Cette dernière a été mise en place afin de palier le problème de gestion du parc matériel qui, bien qu'important, reste insuffisant pour gérer l'intégralité du vignoble mécaniquement. Cette modification des pratiques soulève des questionnements quant à son impact sur la vigueur globale du vignoble (cf. 1,b,ii). Afin d'augmenter l'efficacité du premier passage en travail du sol, des essais de buttages sur le rang l'hiver 2014 couplés à un débutage avec des outils rotatifs en début de printemps 2015 ont été entrepris. Le but était double : augmenter l'efficacité du premier désherbage mécanique printanier en limitant la croissance de l'herbe près du cep et de contrer « l'effet décavaillonnage » des travaux du sol en remplaçant de la terre dans le rang.

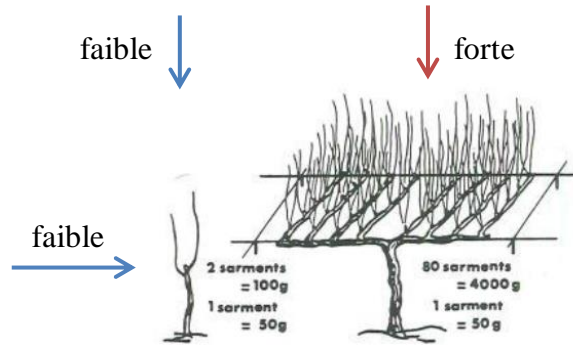
A la lueur de ceci et des expérimentations qui seront décrites dans la suite de ce rapport, le vignoble VCP se positionne comme un acteur dynamique dans l'expérimentation pratique pour viser une production durable et de qualité.

## *b) Vigueur et entretien du sol, les notions déjà acquises*

### *i. La vigueur*

- **Définition de la vigueur**

### Expression végétative



### Vigueur

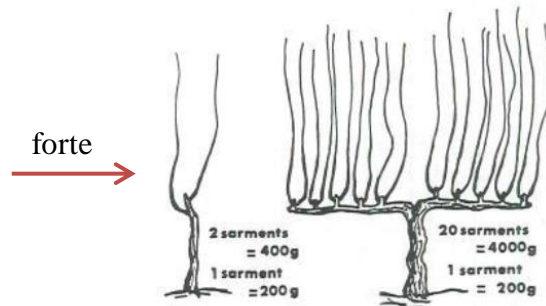


Figure 5 : Schéma d'explication de la différence entre expression végétative et vigueur, d'après Champagnol (1984)

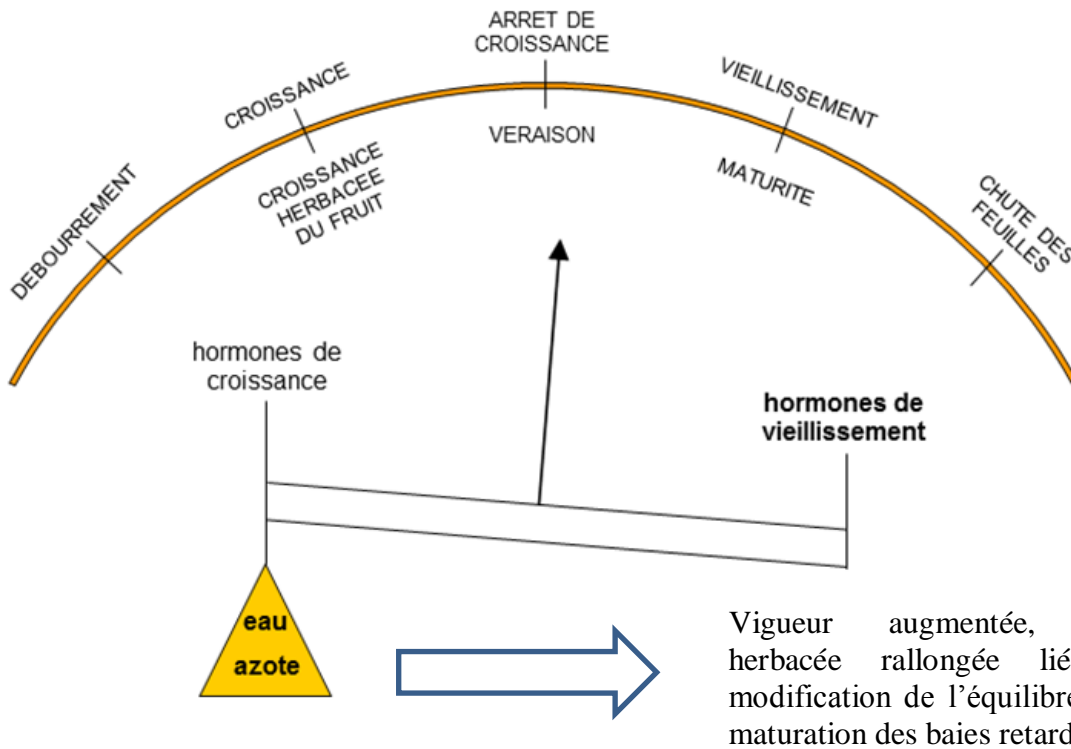


Figure 6 : Schéma des conséquences de la vigueur sur l'équilibre hormonal et la physiologie de la vigne, d'après Champagnol (1984)

La notion de vigueur de la vigne a été distinguée de celle de l'expression végétative par Champagnol (1984) et a été définie comme étant le ratio de l'expression végétative/nombre de bourgeons. Aussi une souche présentant une forte expression végétative ne sera pas forcément vigoureuse : plus que le poids total de bois produit (expression végétative globale du plant), c'est le poids unitaire des sarments qui renseigne sur l'état de vigueur du plant. En effet, la biomasse végétative du plant peut être élevée grâce à un nombre important de sarments présentant des poids unitaires faibles. Dans ce cas, la souche sera faiblement vigoureuse (cf. Figure 5).

- **Les composantes et conséquences de la vigueur sur la vigne**

La vigueur de la plante est conditionnée par les ressources du milieu qui lui sont offertes (pédologie, fertilité -éléments minéraux, azote, alimentation hydrique-, température, ensoleillement...), de leur disponibilité (densité de plantation, exploration racinaire et aérienne), par les pratiques culturales du viticulteur (taille, fertilisation, irrigation, lutte contre les maladies et ravageurs), par les capacités intrinsèques du plant déterminées par le facteur génétique du porte greffe, du greffon et de leur interaction, et enfin par la quantité de réserves que la vigne a pu constituer lors des millésimes antérieurs. (Champagnol, 1984 ; Valdes Gomez, 2007 ; Bodin, 2003)

Les effets de la vigueur sur la physiologie de la vigne se manifestent par le maintien d'un état juvénile du plant : une activité métabolique importante (respiration intense, synthèse protéique élevée...), une activité méristématique forte, des équilibres hormonaux en faveur de la croissance (vitesse de croissance des rameaux, racines et tronc accrue), un retard dans la phénologie de la vigne (débourrement retardé, phase de croissance herbacée de la baie allongée, retard dans l'arrêt de croissance), une initiation florale augmentée et enfin une entrée en croissance de plus de bourgeons (cf. Figure 6, Champagnol 1984 ; Celette, 2007).

Au vignoble une forte vigueur se traduit concrètement par :

- \_ une surface végétative plus importante (nombre de sarments, surface des feuilles...) entraînant un entassement du feuillage. Cet entassement peut créer un microclimat défavorable (augmentation de l'hygrométrie, diminution de l'éclairement, augmentation de la température, diminution de l'exposition au vent...) au niveau des grappes favorisant le développement de maladies : mildiou, oïdium et botrytis (Valdes et al, 2003).

- \_ une croissance végétative accélérée et rallongée favorable entre autre au développement de l'oïdium. En effet, ceci conduit à l'émission d'un plus grand nombre de feuilles induisant une proportion plus importante de jeunes feuilles sensibles (augmentation du nombre de foyers), couplée à une prolongation des périodes infectieuses et à un retard dans la résistance ontogénique des organes. Les tissus des feuilles seraient plus favorables à la germination des conidies de l'oïdium et les mécanismes de défense de la plante, moins efficaces (par exemple moins de stilbènes synthétisés) (Valdes Gomez, 2007).

- \_ une formation de grappes plus compactes et plus sensibles au développement de botrytis en lien avec la forte teneur en azote des baies. (Keller et al dans Valdes Gomez, 2007).

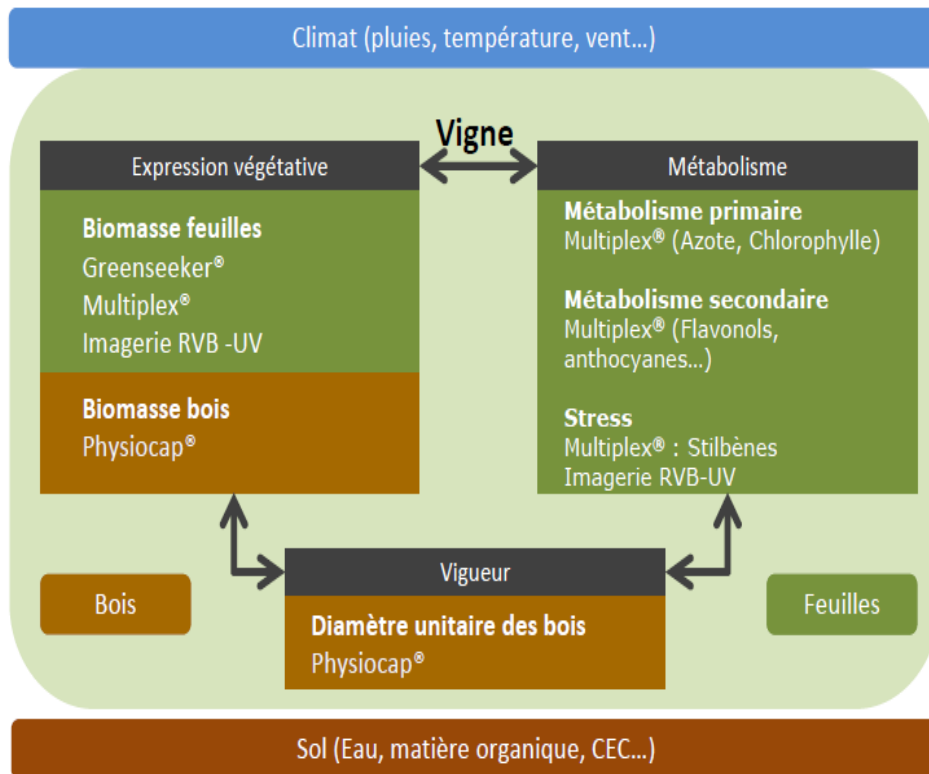


Figure 7 : Les outils de proxidtection, source CIVC séminaire agrotic présentation Sébastien Debuissou (2014)

– une végétation plus verte, liée à la teneur en chloroplaste plus abondante due à une teneur en azote élevée des vignes vigoureuses (Champagnol, 1984).

– un décalage dans les stades phénologiques avec des débourrements plus tardifs et une phase de croissance herbacée (de la baie et de la canopée) rallongée.

– un rendement augmenté et au TAP diminué du fait d'une fertilité améliorée. D'un point de vue qualitatif, le rendement augmentant, la quantité de sucre par baie diminue. Le décalage dans la phénologie et le retard de l'arrêt de croissance provoque également une concurrence pour les sucres entre le chargement des baies et la mise en place de l'appareil végétatif.

– des teneurs d'acides organiques plus importantes. La phase de croissance herbacée rallongée des baies permet une synthèse d'acide malique sur une durée plus longue et ce dernier sera d'autant moins métabolisé que la maturation décalée se fera à une période où les températures seront moins élevées, et que les grappes seront ombragées par une végétation abondante.

– des teneurs en azote assimilable des moûts à la vendange supérieures à celles de vignes plus faibles.

– une diminution de l'accumulation de composés anthocyaniques. (Bodin, 2003)

- **Le Physiocap : estimation de la vigueur et de la biomasse de bois**

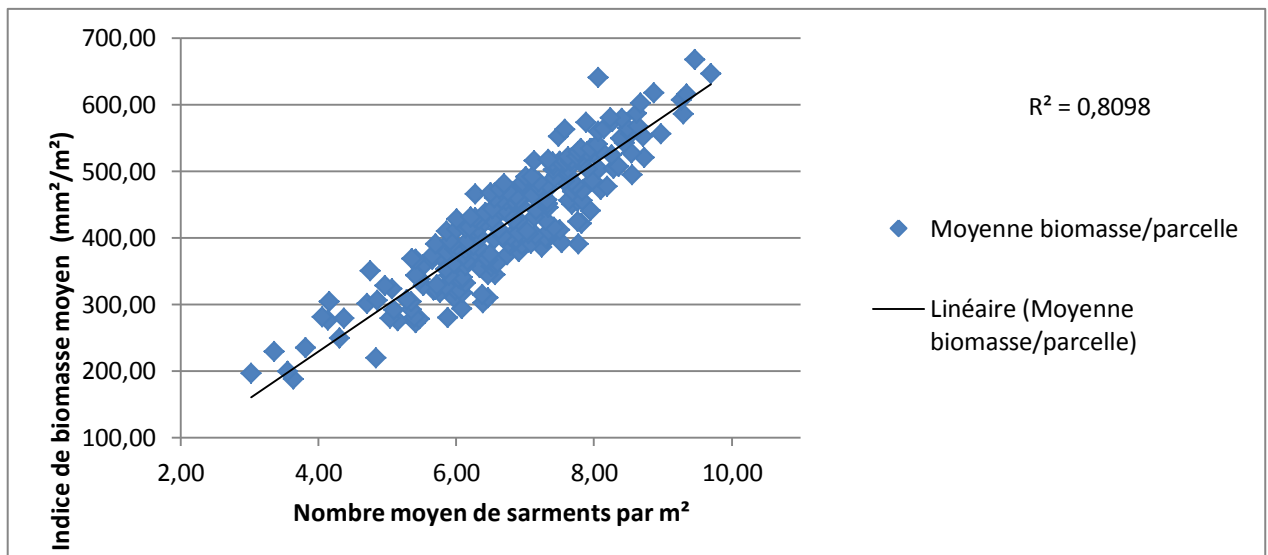
La vigueur de la vigne a souvent été utilisée pour caractériser la croissance et le développement de la canopée. Cette biomasse végétative peut être appréhendée selon deux approches : l'une récente, se concentrant sur la croissance des rameaux en évaluant le taux d'apparition des feuilles, l'extension du rameau, le poids et le diamètre des sarments (Reynold et al, Freeman et al, Rives dans Valdes Gomez, 2007), l'autre par celle de la « capacité de la vigne » caractérisée par la densité du feuillage, la surface de feuillage par mètre linéaire et le poids total des bois à la taille. La viticulture de précision, et notamment le Physiocap, a permis de développer une nouvelle approche dans l'acquisition de données et dans la compréhension de la notion de vigueur et du fonctionnement de la vigne (cf. Figure 7). Le Physiocap constitue davantage une forme de « bilan » de l'année et renseigne sur un potentiel qui sera adapté pour la campagne suivante.

Le Physiocap permet l'acquisition de deux mesures : le diamètre moyen d'un sarment et le nombre de sarments par mètre carré. Le diamètre moyen des sarments estime la vigueur de la vigne (réserves constituées par la plante). Un indice de biomasse de bois peut être calculé en multipliant la section des bois par le nombre de sarments par mètre carré (Morlet et Debuissou, 2014) :

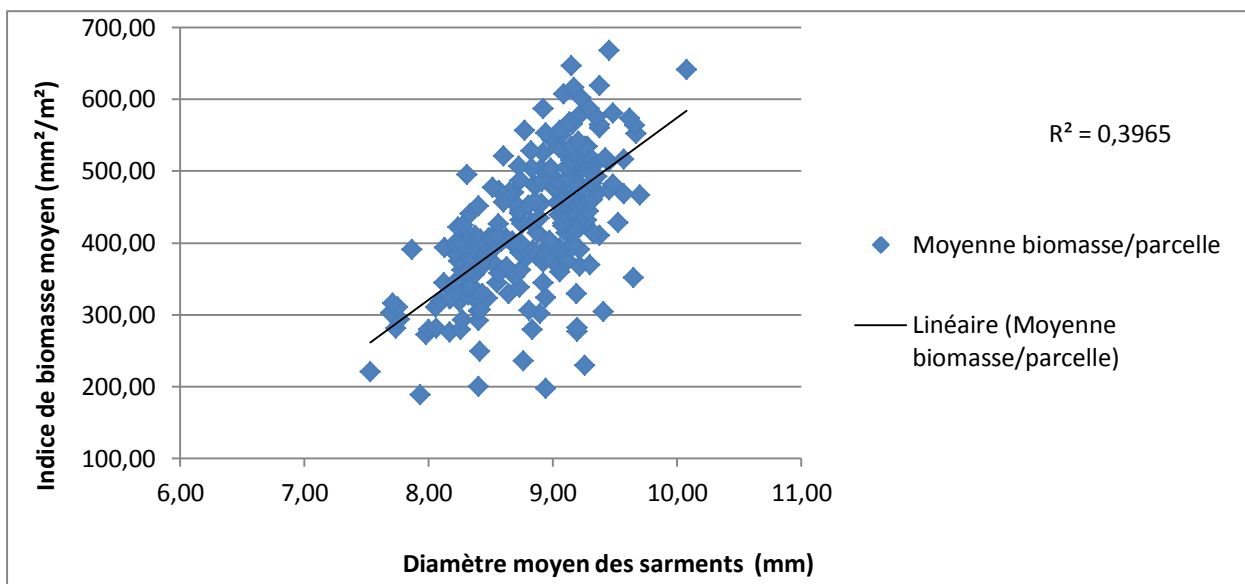
$$\text{Biomasse (mm}^2\text{/m}^2\text{)} = \pi * (\text{Diamètre (mm)/2})^2 * \text{Nombre de sarments (nombre/m}^2\text{)}$$

Une étude menée par le CIVC a montré la forte corrélation de l'indice de biomasse avec les pesées de bois de taille, mesure usuellement utilisée pour caractériser la biomasse. Ainsi, en mesurant le diamètre des sarments, le Physiocap permet d'acquérir des informations quant à la vigueur des vignes. Cela renseigne donc sur l'état physiologique et la pérennité de la vigne (capacité à constituer et à remobiliser des réserves sur le long terme). La biomasse





Graphique 5 : Indice de biomasse moyen en fonction du nombre moyen de sarments par  $\text{m}^2$ , campagnes 2013-2015



Graphique 6 : Indice de biomasse moyen en fonction du diamètre moyen des sarments, campagnes 2013-2015

de bois reflète un potentiel d'expression végétative et est une résultante d'un équilibre, plus ou moins centré, entre vigueur et expression végétative (nombre de sarments). Lors de la taille, le vigneron adapte le nombre de bourgeons laissés pour l'année suivante en fonction de la vigueur et de ce potentiel. Ceci explique la forte corrélation entre biomasse de bois et le nombre de sarments (cf. **Graphique 5**). La variable « vigueur » de la biomasse bois est pilotée par les pratiques culturales effectuées au cours des campagnes successives. Ces deux notions restent néanmoins moyennement corrélées ( $R^2=0,3965$ ) (cf. **Graphique 6**). Les mesures réalisées par le Physiocap en fin de campagne n-1 permettent de faire un bilan de la campagne écoulée puis d'ajuster les pratiques culturales et la taille au vue des objectifs visés par le viticulteur. Ces objectifs se déclinent à la fois sur les questions d'équilibre de la vigne, de pérennité du vignoble, et des niveaux qualitatifs et quantitatifs de production pour le(s) millésime(s) futur(s). En ceci le Physiocap se distingue du Greenseeker qui mesure un état végétatif à une date donnée (porosité du feuillage, densité du feuillage, indicateur de la nutrition azotée et hydrique) permettant d'ajuster les itinéraires techniques au cours de la campagne. L'acquisition des mesures Physiocap sur plusieurs campagnes rend possible le suivi dynamique de l'évolution des effets, quantitatifs et dans l'espace, des pratiques culturales et, ainsi, de moduler la stratégie de gestion du vignoble.

#### *ii. L'enherbement, une pratique aux conséquences opposées à la vigueur*

En préambule à cette partie, il est important de souligner l'importance des conditions initiales de la parcelle où est mis en place l'enherbement. En effet, en fonction de la fertilité du sol (sol profond ou non, texture, capacité de rétention en eau, disponibilité minérale), de la vigueur initiale des plants et de leur âge, du type d'enherbement concernés (espèces plus ou moins concurrentielles), le millésime modulent les impacts de cette pratique (ITV, 2008).

L'enherbement de la vigne est une pratique qui consiste à associer la culture de la vigne avec une culture, semée ou naturelle, temporaire ou permanente, de type herbacée sur l'intégralité de la parcelle ou sur une partie seulement (Valdes Gomez, 2007). La concurrence pour les ressources entre ces cultures impacte le fonctionnement de la vigne bien que les acteurs présentent des cycles de végétation et des profondeurs d'enracinement plus ou moins décalés en fonction des espèces d'enherbement associées.

- **Effets sur les propriétés du sol**

L'enherbement est à l'origine d'améliorations importantes sur les propriétés physico-chimiques des sols (diminution de la densité apparente du sol grâce aux racines, teneur en matière organique augmentée, effet sur le pH du sol, capacité d'échange cationique). Cependant ceci se limiterait à l'horizon superficiel sous l'enherbement (Morlat, 1981) et ces biens-faits ne seraient pas directement profitables pour la vigne (Morlat et Jacquet 2003). Par ailleurs, plusieurs auteurs ont mis en avant ses effets positifs sur la limitation du ruissellement (effet environnementaux sur les contaminations des cours d'eau par les pesticides) et de l'érosion des sols, la diminution de l'évaporation de l'eau par rapport à un sol nu,

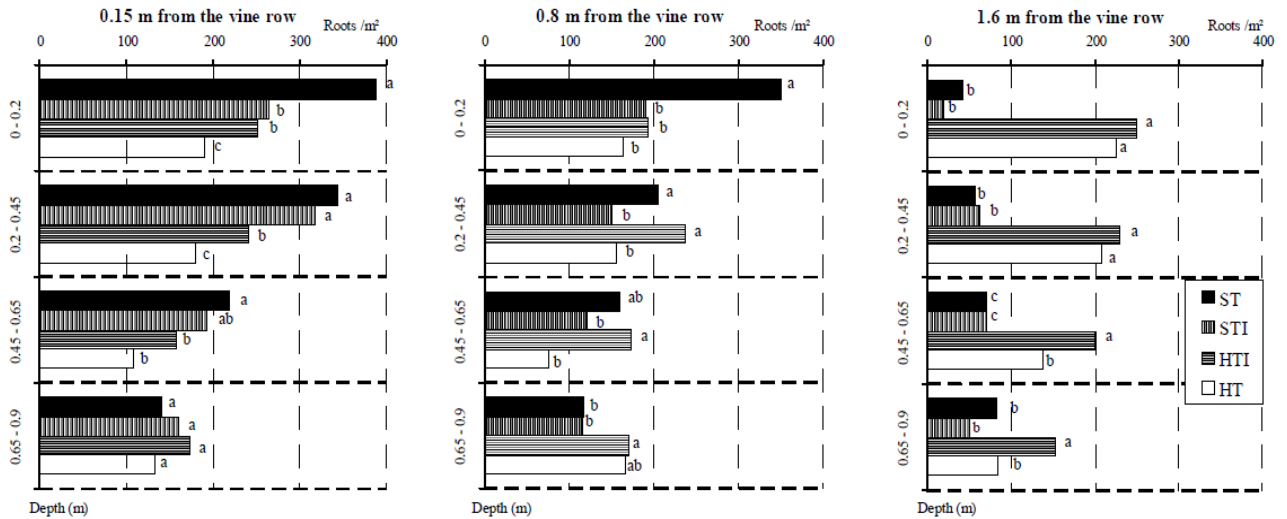


Figure 8 : Effets de quatre gestions de l'enherbement dans l'inter-rang sur le nombre moyen total de racines, sur quatre horizons de profondeur et trois distances au rang.

Données traitées par ANOVA simple. Les moyennes présentant la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $p=0,05$  par le test Newman et Keuls. ST= enherbement en plein, HT=traitement herbicide en plein, STI= inter-rang enherbé en alternance avec HTI= inter-rang désherbé à l'herbicide. Source : Morlat et Jacquet, 2003

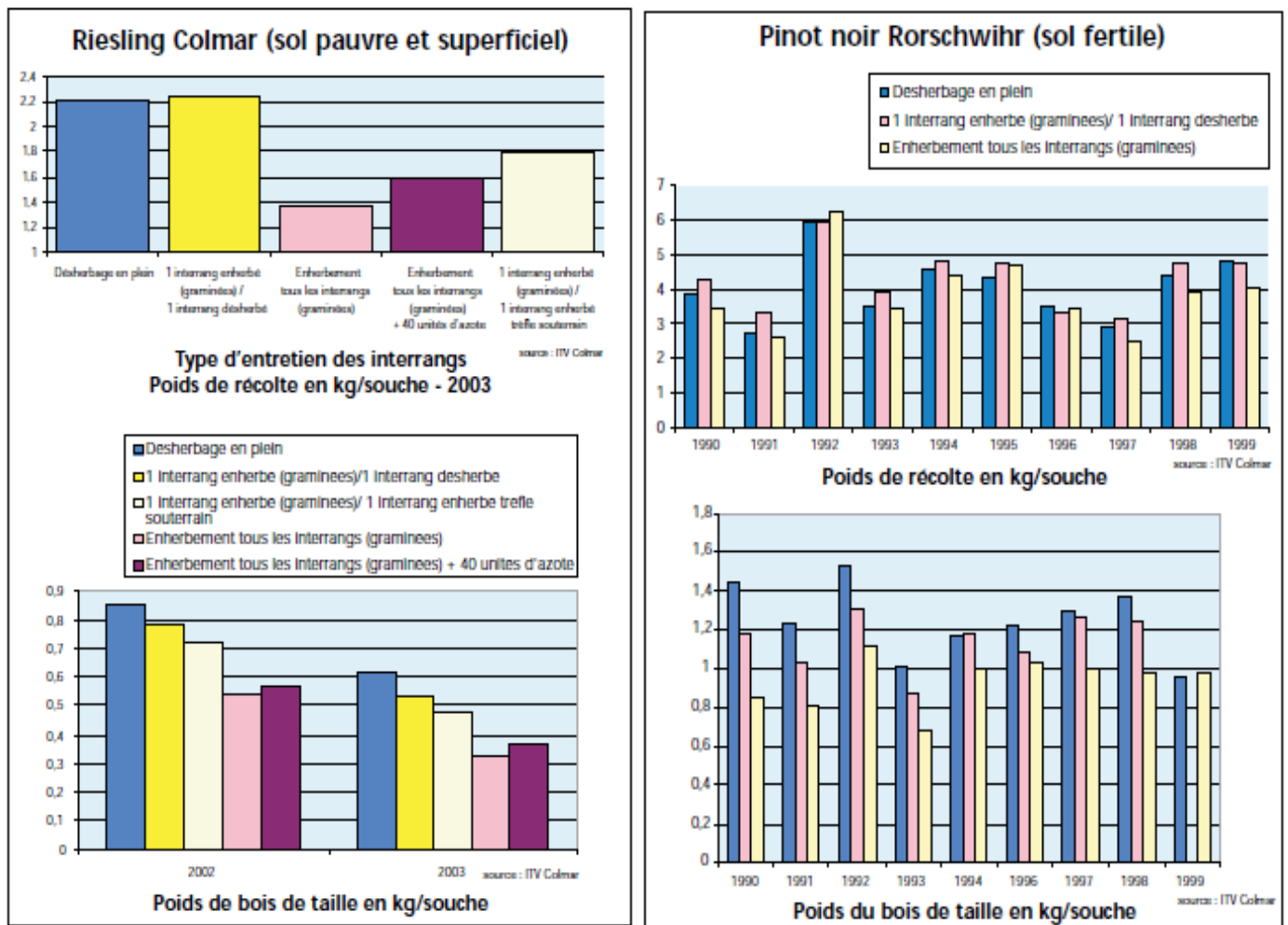


Figure 9 : Influence de la fertilité du sol sur l'impact de l'enherbement sur le poids du bois de taille en kg/souche, Source : ITV, Enherbement et impacts sur la vigne (2008)

l'amélioration de l'infiltration de l'eau assurant une meilleure recharge hivernale et ainsi moins de concurrence en début de cycle végétatif (in [Cellette, 2007](#)). Cette meilleure infiltration de l'eau permettrait également une meilleure disponibilité de l'azote nitrique lixivié depuis les horizons de surface vers ceux en profondeur, le rendant ainsi accessible pour les racines profondes de la vigne. Lors des phases hivernales l'absorption par le couvert herbacé limiterait la lixiviation des nitrates en profondeur, source de pollution.

- **Concurrence et impacts sur la vigne**

La culture intercalaire induit également une concurrence hydrique et azotée vis-à-vis de la vigne qui est aujourd'hui connue ([Metay et Gary, 2010](#)). En effet, celle-ci entraîne un assèchement plus rapide et intense de l'inter-rang ([Cellette, 2007](#)), provoquant à la fois une concurrence hydrique, une limitation de la croissance racinaire de la vigne dans ce compartiment de sol, une limitation de la disponibilité de l'azote pour la vigne (mobilité de l'azote dans le sol) et un blocage de la minéralisation de la matière organique. Néanmoins, cette concurrence hydrique resterait limitée grâce à une réduction de la surface foliaire (réduction de la surface transpirante) et par une adaptation du profil racinaire. En effet, la concurrence dans l'exploitation racinaire du volume de sol engendrerait une modification du profil racinaire de la vigne par rapport à un sol désherbé ([Morlat, 1981](#) ; [Morlat 1987](#) ; [Morlat et Jacquet, 2003](#) ; [Barbeau, 2008](#)). Le développement de racines fines utiles pour l'alimentation hydrique et minérale de la plante semble être grandement affecté dans les horizons superficiels au centre des inter-rangs. Ceci serait modéré par une « croissance compensatoire » de racines sous le rang et en profondeur. Le système racinaire serait globalement distribué de façon moins homogène tant verticalement qu'horizontalement que sur sol désherbé ([Morlat et Jacquet, 2003](#) ; [Cellette, 2007](#)) (cf. [Figure 8](#)). Toutefois, d'autres auteurs comme Crozier en Bourgogne, sur Pinot et à des densités de plantation similaires à la Champagne, contesterait cet effet plongeant de l'enherbement sur les racines ([La vigne, 21ème Coloma 2010](#)). L'appauvrissement en racines fines dans les horizons riches de surface concoure à la réduction de la nutrition azotée et hydrique de la vigne. La fertilité et profondeur des sols semblent donc moduler les effets de l'enherbement sur la vigueur : les sols les plus fertiles et profonds ayant plus de ressources disponibles, limitent la concurrence pour celles-ci entre la vigne et la culture intercalaire (cf. [Figure 9](#)). En sol superficiel, cette redistribution racinaire en profondeur est impossible et augmente donc la compétition pour les ressources. Dans ce type de sols, la ressource hydrique est impactée (l'azote étant principalement localisé dans les horizons superficiels quelques soit la profondeur du sol) et une concurrence azotée est également constatée (réduction de la densité racinaire de la vigne et prélèvement par l'enherbement). Dans le cas de faible contrainte hydrique (comme par exemple en Champagne) la condition limitante serait davantage l'azote que l'eau.

- **Influence du matériel végétal**

A cette problématique de concurrence s'ajoute, les capacités intrinsèques de chaque porte-greffe à coloniser le volume de sol et à prélever préférentiellement certains éléments

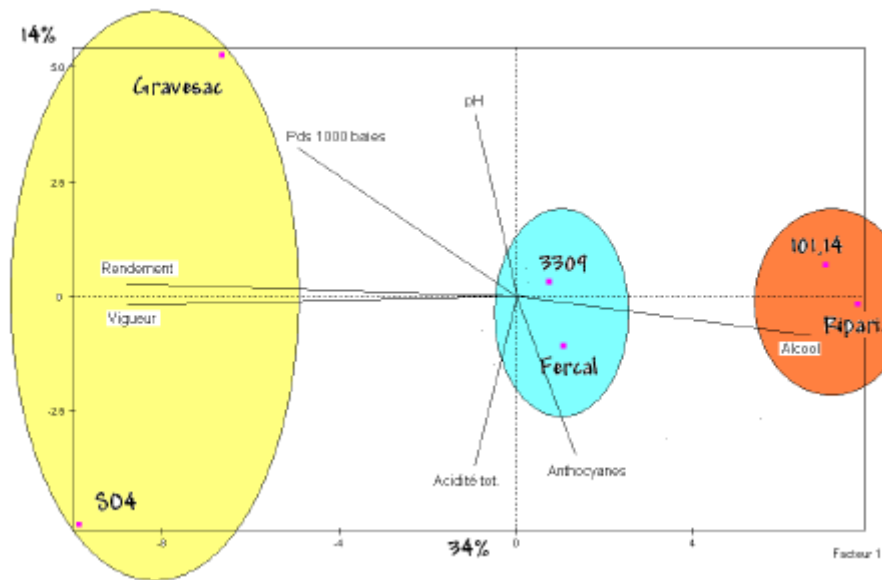


Figure 10 : Mise en évidence de l'effet porte-greffe sur la vigueur, source : Barbeau G. et Blin A. (2010)

Tableau 1 : Influence de l'espèce de la culture intercalaire sur la vigueur, le potentiel de production et la composition des moûts, source : Delabays (2010)

Variantes	Poids des bois de taille (g/cep)	Fertilité des bourgeons (nombre de grappes/bois)	Poids des baies (g)	Poids des grappes (g)	Rendement (kg/m <sup>2</sup> )
Mélange Lenta®	356	2,04	2,8	286	0,777
Bromus tectorum	506	2,11	3,3	357	0,983
Hordeum murinum	419	2,15	3,2	356	0,976
Trifolium subterraneum	409	2,04	3,1	336	0,925
Trifolium repens	436	1,98	3,0	348	0,938
p.p.d.s. (p = 0,05)	51	n.s.	0,3	58	0,188

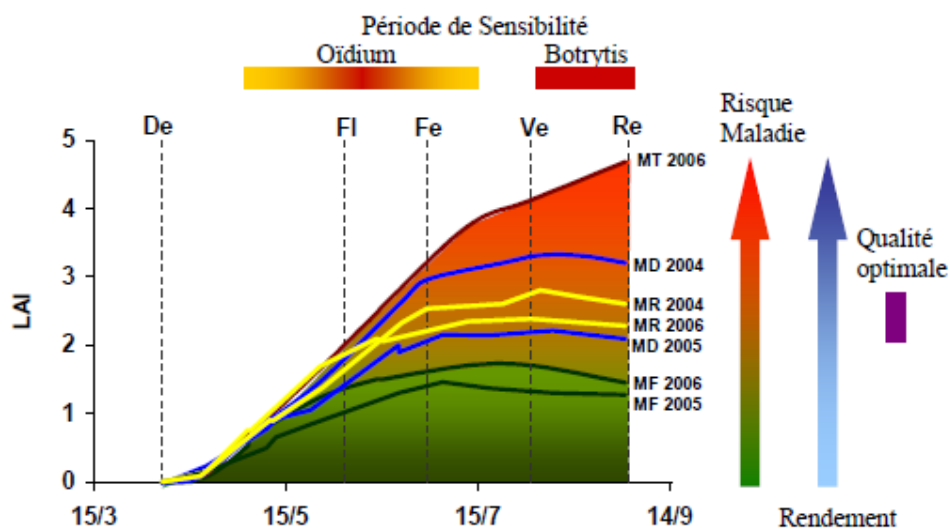


Figure 11 : Évolution du LAI entre débourrement et récolte comme indicateur de sensibilité de la vigne à l'oïdium.

Bleu= désherbage chimique, orange=enherbement semi-permanent, vert= enherbement permanent, bordeaux= témoin irrigué-fertilisé, Source : Valdes-Gomez (2007)

minéraux (Barbeau, 2008 ; Champagnol, 1984). Par exemple, Barbeau (2008) a montré que le couple Cabernet-Franc/Riparia, au volume racinaire moins important, réagissait différemment vis-à-vis de l'enherbement par rapport au couple Cabernet Franc/ SO4. L'importance de l'interaction porte-greffe greffon a également été révélée par cette étude, les couples Chenin/Riparia et Chenin/SO4 donnant les résultats inverses à ceux obtenus avec le Cabernet-Franc. L'effet du porte-greffe sur la vigueur, et leur influence indirecte sur la composition du rendement et de la qualité de la vendange, a également été démontré par Barbeau (2010, cf. Figure 10). A ceci s'ajouterait l'influence de l'âge de la vigne : les effets de l'enherbement seraient néfastes à l'implantation du vignoble et sur sa rapidité d'entrée en production. Enfin chaque cépage montre des aptitudes différentes face à la concurrence de l'enherbement.

Outre la vigne, la nature de(s) espèce(s) constituant l'enherbement joue également un rôle important vis-à-vis de leur importance intrinsèque sur la concurrence avec la vigne (effets plus ou moins importants selon l'espèce comme le montre les résultats du Tableau 1) de leur facilité d'implantation et d'entretien (Delabays, 2010). Le choix des espèces dépend également des effets recherchés par le viticulteur (baisse de vigueur, engrais vert, mulch estival...). Des espèces sont plus ou moins conseillées en fonction de la fertilité du sol et de ses caractéristiques physico chimiques, du climat, de l'historique de la parcelle. Le fait que l'enherbement soit naturel spontané ou semé est à un point qui doit également être pris en compte (gestion de nombreuses espèces plus ou moins concurrentielles).

#### • Incidences de l'enherbement au vignoble

D'un point de vue phénologique et physiologique ceci entraîne :

\_ un avancement de la phénologie constaté dès la floraison et réellement appréciable sur les dates de véraison (Morlat et al.1987) et vendange et serait fonction du couple cépage/porte-greffe (Ponchia et Giulivo, 1992 in Valdes Gomez, 2007).

\_ une croissance végétative diminuée en début de cycle (Celette, 2007) liée à une contrainte azotée en lien avec les réserves qu'à pu constituer la vigne l'année n-1 après la vendange. En effets les prélèvements racinaires ne deviendraient effectifs qu'à partir de la floraison (Conradie dans Celette, 2007). Une fertilisation raisonnée à cette époque et un enherbement moins compétitif à l'époque de la constitution des réserves pourrait limiter cette contrainte.

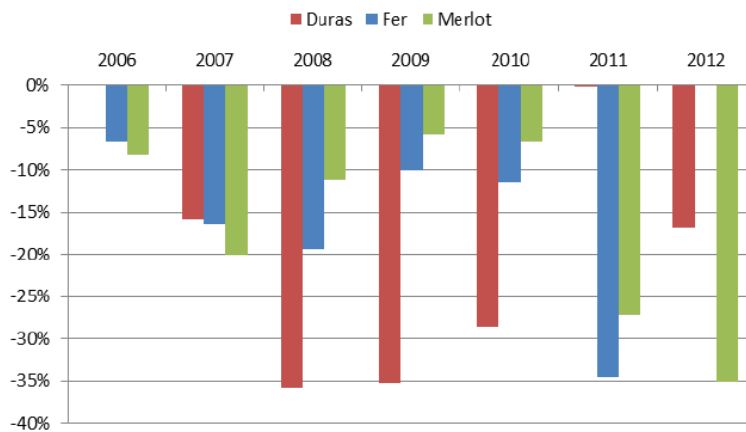
\_ une diminution de la surface foliaire de la vigne (Celette, 2007), primaire et secondaire (Morlat et al., 1987 ; Morlat et Jacquet, 2003), permettant entre autre de palier la diminution de la consommation en eau liée à la concurrence avec l'enherbement. Ceci serait lié à un nombre de sarments émis moindre et à une réduction de la surface des feuilles plus que sur le nombre de feuilles émises. Cette réduction de la surface foliaire réduite, associée à une plus faible teneur en azote des baies, induit une diminution de la sensibilité aux maladies (botrytis) (Morlat et al., 1987) par amélioration du microclimat de la vigne et par réduction de la vigueur. Ceci est également observable sur d'autres maladies (cf. Figure 11, Valdes Gomez, 2007).

\_ une diminution de la vigueur (estimé par le poids de bois de taille) corrélée à l'expression végétative, (longueur du rameau, nombre de feuilles et leur surface) (cf Tableau 2, Valdes Gomez, 2007, Celette 2007), et du rendement de la vigne (nombre de grappe et

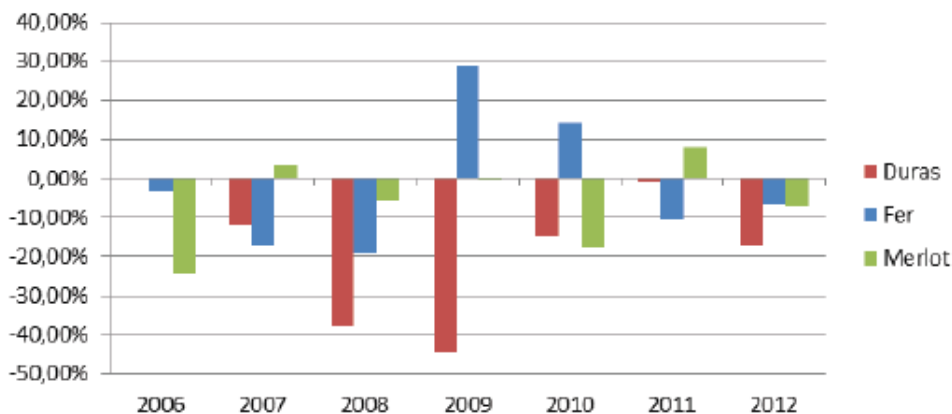
Tableau 2 : Nombre de rameaux par souche et poids de bois de taille (PBT), mesurés à la taille, en fonction de différentes modalités d'entretien de l'enherbement. Source : Celette (2007)

	Nb de Rameaux (ram/cep)			PBT (kg/cep)						
	2004	2005	2006	2004	2005	2006				
MF1	11.3	11.6	11.4	a	0.63	b	0.31	0.58	bc	
MF2	10.5	10.5	9.0	b	0.45	c	0.26	0.37	d	
<b>MF</b>	<b>10.9</b>	<b>11.0</b>	<b>10.2</b>		<b>0.54</b>	<b>b</b>	<b>0.28</b>	<b>c</b>	<b>0.48</b>	<b>c</b>
MR1	12.4	11.1	10.7	ab	0.63	b	0.42	0.61	bc	
MR2	11.6	10.8	10.2	ab	0.59	b	0.44	0.53	c	
<b>MR</b>	<b>12.0</b>	<b>11.0</b>	<b>10.4</b>		<b>0.61</b>	<b>b</b>	<b>0.43</b>	<b>b</b>	<b>0.57</b>	<b>b</b>
MD1	11.6	11.5	11.3	a	0.86	a	0.51	0.62	b	
MD2	10.8	11.3	10.1	ab	0.93	a	0.47	0.54	bc	
<b>MD</b>	<b>11.2</b>	<b>11.4</b>	<b>10.7</b>		<b>0.89</b>	<b>a</b>	<b>0.49</b>	<b>a</b>	<b>0.58</b>	<b>b</b>
<b>MT</b>			<b>10.2</b>	<b>ab</b>				<b>1.18</b>	<b>a</b>	<b>a</b>

Les lettres en gras montrent un effet significatif de la modalité d'entretien, les petites lettres représentent l'interaction entre le traitement et la position dans la pente lorsque celle-ci est significative. MF=enherbement permanent, MR=enherbement semi-permanent, MD= désherbage mécanique, MT= Témoin irrigué-fertilisé



Graphique 8 : Différence de vigueur observée sur les modalités désherbées mécaniquement sous le rang par rapport au témoin désherbé chimiquement, source Gaviglio (2013)



Graphique 7 : différence de rendement observée sur les modalités désherbées mécaniquement sous le rang par rapport au témoin désherbé chimiquement, source : Gaviglio (2013)

poids des baies) (Morlat et al., 1987) et un nombre de baies moindre (ITV, 2008) pouvant aller jusqu'à 40 à 50% de pertes de rendement, et variant selon les enherbements (Métay et Gary, 2010). Ces diminutions sont également en lien avec la fertilité du sol. En conditions fertiles ces diminutions sont lissées jusqu'à revenir à des valeurs quasi identiques au témoin désherbé. La vigueur fortement impactée les premières années semblerait réaugmenter après 4-5 ans même si restant inférieure au témoin. En sols peu fertiles, vigueur et rendement resteraient bien inférieurs et nécessiteraient une modulation de l'itinéraire technique (fertilisation azotée, modulation de l'enherbement un rang sur deux, largeur de la bande enherbée), et du le choix des espèces d'herbe. (ITV, 2008)

\_ lors d'années humides les prélèvements hydriques de la culture intercalaire permet une augmentation de la teneur en sucre de baies, des anthocyanes (Barbeau, 2008) ainsi qu'une diminution de l'acidité. Ceci serait en lien avec un arrêt croissance végétative précoce privilégiant l'accumulation des sucres vers les baies et avec l'amélioration de l'exposition et du microclimat des grappes. Des résultats inverses sont constatés lors d'années sèches (Celette, 2007) (perturbation de la photosynthèse).

\_ une diminution de l'azote des mouûs à des niveaux ne permettant pas d'assurer de bonnes conditions pour la croissance de la biomasse levurienne pour les fermentations (Morlat et Jacquet, 2003).

La mise en place de l'enherbement au vignoble est donc un élément à piloter précisément et à réfléchir tant d'un point de vue des espèces implantées (flore naturelle, semis d'espèces plus ou moins concurrentielles, facilité d'implantation) que dans le choix d'implantation et de gestion de celui-ci. Par exemple, la largeur de la bande enherbée, l'enherbement un inter-rang sur deux, l'alternance des inter-rangs enherbée sont des paramètres qui permettent de « moduler » les impacts de l'enherbement sur la vigne (ITAB,2008).

- **Gestion des adventices sous le rang, les différentes stratégies d'entretien**

La gestion des adventices sous le rang peut se faire selon différentes stratégies : désherbage chimique exclusif, une stratégie mixte alliant désherbage chimique et mécanique, et enfin du désherbage mécanique strict. Actuellement l'alternative du « tout enherbé » est également avancée. Les impacts agronomiques, environnementaux et techniques du désherbage mécanique sont multiples.

Tout d'abord, d'un point de vue technique, le travail mécanique nécessite davantage de passages dans les vignes (Agreste Primeur b, 2012) et représente donc un coup en termes de temps, d'intrants (fuel), et de main d'œuvre. Les dates d'interventions sont à adapter en fonction du stade des adventices et des conditions météorologiques afin de réaliser un travail optimal (humidité minimale du sol pour éviter la compaction, pénétration de l'outil dans le sol, période de sec après le passage pour limiter les risques de repiquage) (Gaviglio, 2010). Les conséquences sur la vigne sont le fait du sectionnement des racines superficielles et du désherbage parfois imparfait. En effet, une étude menée par l'IFV Sud-Ouest (Gaviglio, 2013) a montré que le désherbage mécanique entraîne des chutes de rendement et de vigueur pouvant aller jusqu'à 40% (cf. Graphique 7et 8). Ces résultats restent relativement aléatoires



Tableau 3 : Résultats 2014 des valeurs moyennes et des classes de biomasse moyenne (mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), de diamètre moyen des sarments (mm) et de nombre de sarments moyen (nbre/m<sup>2</sup>) pour les trois cépages du vignoble VCP, source : Dauphin (2014)

Cépage	Biomasse moyenne (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre de Sarments moyen (nbre/m <sup>2</sup> )
Chardonnay	495,84	9,01	7,64
Pinot Noir	429,01	8,67	7,06
Pinot Meunier	400,25	8,51	6,93

Classes quantiles (effectifs égaux)	Biomasse (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre (mm)	Nombre de Sarments (nbre/m <sup>2</sup> )
Faible	< 400	< 8,70	< 5,89
Moyen	400 < x < 550	8,70 < x < 9,58	5,89 < x < 7,99
Fort	> 550	> 9,58	> 7,99

Classes quantiles (effectifs égaux)	Biomasse (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre (mm)	Nombre de Sarments (nbre/m <sup>2</sup> )
Faible	< 310	< 7,97	< 5,92
Moyen	310 < x < 450	7,97 < x < 8,97	5,92 < x < 7,84
Fort	> 450	> 8,97	> 7,84

Classes quantiles (effectifs égaux)	Biomasse (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre (mm)	Nombre de Sarments (nbre/m <sup>2</sup> )
Faible	< 320	< 7,78	< 6,14
Moyen	320 < x < 450	7,78 < x < 8,73	6,14 < x < 8,24
Fort	> 450	> 8,73	> 8,24

Tableau 4 : Résultats des essais sur la vigueur de la vigne mis en place en 2014 par le vignoble VCP, source : Dauphin (2014)

	Vigueur faible	Vigueur moyenne	Vigueur forte
Analyses pétiolaires	N : croissance linéaire avec la biomasse K/Mg faible : déséquilibre et carence en K P, Ca : Rien à signaler	N : croissance linéaire avec la biomasse K/Mg correct : bon équilibre P, Ca : Rien à signaler	N : croissance linéaire avec la biomasse K/Mg correct : bon équilibre P, Ca : Rien à signaler
N-Tester	Croissance linéaire avec la biomasse	Croissance linéaire avec la biomasse	Croissance linéaire avec la biomasse
Maladies cryptogamiques (Botrytis)	Botrytis croissant avec la biomasse ; Pertes nulles	Botrytis croissant avec la biomasse ; Pertes acceptables	Botrytis croissant avec la biomasse ; Fréquence élevée présentant un potentiel de risque important
Rendement	Rendements très faibles → Mauvais équilibre	Rendements moyens, perte moyenne avec le botrytis → Bon équilibre	Rendements élevés mais égaux ou inférieurs à la vigueur moyenne après tri des grappes touchées au Botrytis → Mauvais équilibre
Maturité technologique	CH, PN, M : TAP correct, Acidité faible	CH : TAP < réglementation, Acidité faible PN, M : TAP correct, Acidité faible	CH : TAP < réglementation, Acidité faible PN, M : TAP correct, Acidité faible
Maturité aromatique	CH : Fruité PN : Fruité ++	CH : Citronné, Fruité PN : Fruité +++	CH : Citronné PN : Fruité +
N dans les moûts	Croissance linéaire avec la biomasse ; Carence azotée des moûts	Croissance linéaire avec la biomasse ; N suffisant pour bonne fermentescibilité des moûts	Croissance linéaire avec la biomasse ; N suffisant pour bonne fermentescibilité des moûts

selon les millésimes, les parcelles (réserves en eau, profondeur de sol, date de plantation...) et du cépage. Un rééquilibrage semble toutefois se produire au bout de quatre ans d'usage de cette pratique. Néanmoins, contrairement au retour à la normale constaté sur le rendement, les effets sur la « vigueur » (la définition de la vigueur dans l'article se rapprocherait davantage de celle de l'expression végétative car le poids est mesuré par souche et non par sarment) semblent être eux irréversibles et pourraient atteindre jusqu'à une diminution de 35% du poids des bois de taille.

Ces notions sur l'enherbement-vigueur-comportement de la vigne soulignent l'importance pour le vignoble Clicquot de bien adapter ses pratiques d'enherbement et de travail du sol, deux pratiques diminuant fortement la vigueur de la vigne, pour atteindre ses objectifs de production et maintenir une pérennité du vignoble à plus long terme.

### *c) Les acquis du vignoble et essais 2015*

#### *i. Résultats acquis en 2014*

L'année 2014 a été la première année d'acquisition de données et de suivi de la vigueur par Physiocap. Des classes de biomasse avaient été déterminées en fonction de chaque cépage (cf. [Tableau 3](#)) et le comportement de la vigne avait été suivi en fonction de chacune de ces classes.

Le comportement de la vigne a été apprécié grâce à différents paramètres sur les thématiques suivantes :

- \_suivi de la nutrition de la vigne
- \_un suivi de l'état hydrique des sols et sur la minéralisation de la matière organique,
- \_un suivi de la qualité sanitaire au vignoble
- \_des suivis de quantité et de qualité, autre que sanitaire, de la vendange.

Un tableau de synthèse (cf. [Tableau 4](#)) résume les principaux résultats de ce travail accompli.

#### *ii. Les essais mis en place en 2015*

L'hiver 2014-2015 a été la deuxième année d'acquisition de données Physiocap, et les surfaces concernées sont passées de 45 ha à 165 ha. C'est donc environ la moitié du vignoble Veuve Clicquot qui a été cartographié. Un traitement des données cartographiques a été fait au fur et à mesure de l'acquisition des données a permis de déterminer, tôt dans la campagne, les parcelles qui seraient suivies pour les essais 2015. La direction du vignoble, au vue des objectifs « vigueur moyenne » fixés – objectifs confirmés par les résultats acquis de 2014 - et les rendements relativement faibles pour la Champagne constatés à la vendange 2014 a remis en question la pratique de l'enherbement sur tous les inter-rangs. Ainsi, la cellule expérimentation du vignoble a mis en place, sur les parcelles identifiées, différentes modalités d'enherbement afin d'évaluer leur impact sur la vigueur et le comportement de la vigne (cf. 1.b.ii). Les résultats de l'effet de ces différentes modalités sur la vigueur des plants ne pourront être mesurés que lors de la prochaine campagne de prétaillage 2015. Toutefois, des premiers résultats ont pu être étudiés quant à leur effet sur le comportement de la vigne, en lien avec la vigueur. Ce sont ceux-ci qui vont être détaillés dans la suite de ce rapport.



## 2. Matériel et méthode

### a) Mise en place des essais

#### i. Principe

Le but des essais mis en place en 2014-2015 est d'évaluer l'impact de différentes modalités d'enherbement sur le comportement de la vigne en fonction d'un niveau initial de vigueur et biomasse défini comme faible, moyen ou fort. Ces niveaux de vigueur et biomasse ont été définis à partir d'acquisition de données Physiocap mesurant le diamètre des sarments et le nombre de sarments, et permettant ainsi d'estimer un indice de biomasse de bois du plant. La vigueur est estimée par la mesure du diamètre des sarments et reflète l'équilibre physiologique de la vigne. La biomasse de bois est une notion qui renvoie davantage au potentiel d'expression végétative de la vigne (cf 1 b i)).

3 modalités ont été testées :

- M0 = Le témoin : (ce qui est réalisé dans les autres parcelles du vignoble -15% d'enherbée un rang sur 2) : tous les inter-rangs sont enherbés naturellement ou semés avec du pâturin des prés. Les adventices sous les rangs sont gérées mécaniquement et les inter-rangs sont entretenus par des tontes.

- M1 = Enherbement 1 inter- rang sur 2 : l'inter-rang est maintenu désherbé jusqu'à fin juillet, période correspondant à la véraison et où la concurrence avec la croissance de la vigne est moins importante (pratiqué sur l'intégralité de la parcelle). L'enherbement dans l'inter-rang a été détruit mécaniquement en début de campagne. Son entretien et les adventices sous les rangs sont travaillés mécaniquement également.

- M2= Enherbement 1 inter-rang sur 2 détruit jusqu'en mai/juin : l'enherbement de l'inter-rang désherbé a été détruit à la sortie de l'hiver avant la croissance végétative de la vigne. Une fois un niveau de propreté de l'inter-rang jugé satisfaisant atteint (obtenu fin mai après des passages répétés de travail du sol), celui-ci n'est ensuite plus travaillé pour permettre à l'enherbement de se réinstaller au cours de la campagne. Les rangs sont travaillés mécaniquement.

Le choix des modalités M1 et M2 se justifie au regard du surcroît de pénibilité que le travail du sol génère lors des travaux manuels. En effet, l'irrégularité des sols désherbés rend difficile la marche et l'avancée des chariots des vigneron. Laisser repousser l'enherbement permettrait de réduire l'inconfort lors des travaux automnaux et hivernaux par rapport à un sol travaillé. La vitesse de réinstallation de l'herbe est notamment fonction des conditions climatiques estivales. Cette dernière doit également pouvoir se faire sans nuire à la vigne de façon trop importante, à des périodes critiques de sa croissance (floraison, nouaison, croissance herbacée de la baie principalement).

#### ii. Les acquisition et traitements des données Physiocap.

L'acquisition, le traitement et l'ajustement des données Physiocap, ont eu lieu au

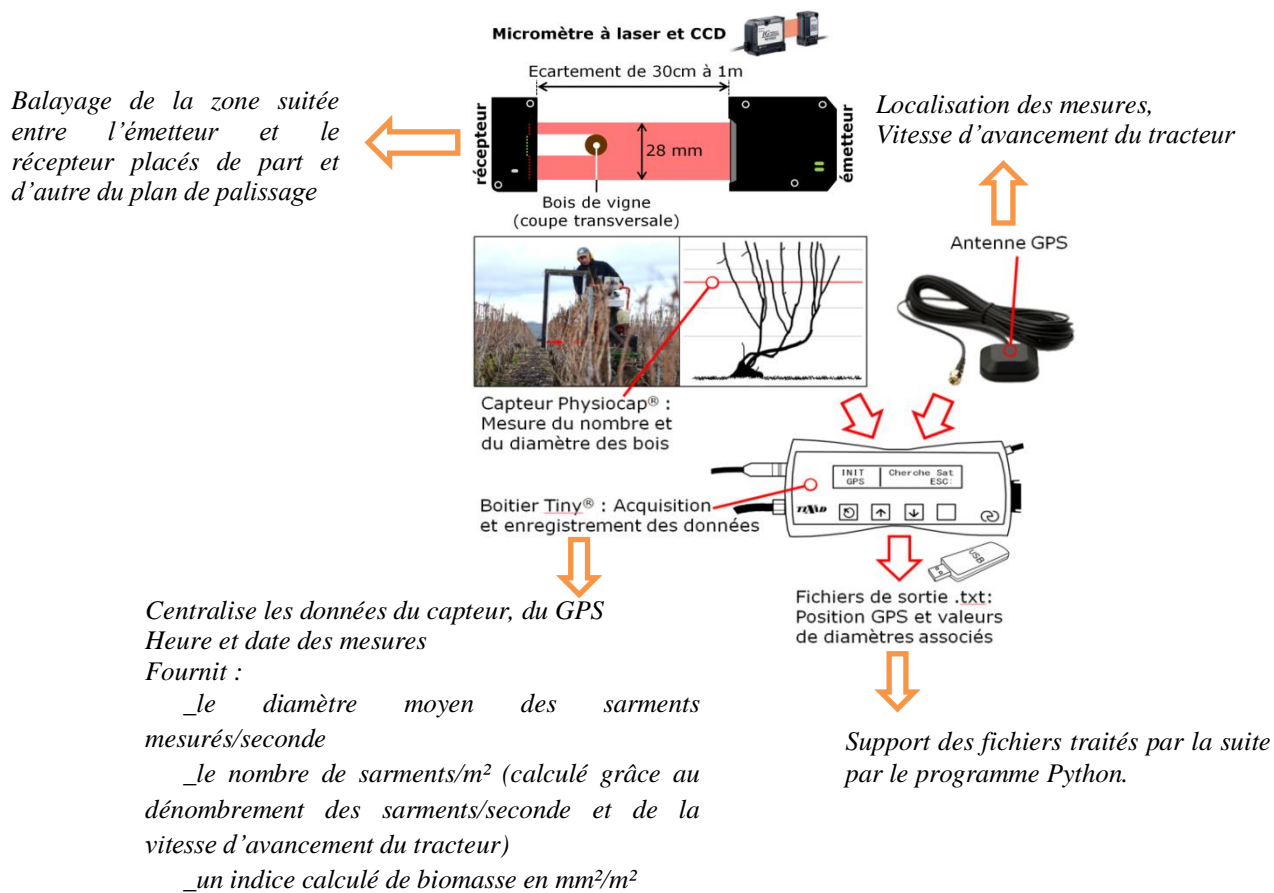


Figure 12 : Schéma commenté du fonctionnement du Physiocap, d'après une source du CIVC

<p><b>Traitement Python et ajustement des données</b></p> <p>Filtrage des données aberrantes (vrilles, fiches...). Conservation des diamètres moyens compris entre 3 et 17 mm et un nombre de sarment entre 0 et 25/m<sup>2</sup>. Distribution normale des mesures observées.</p> <p>Export des fichiers sous formats utilisables en SIG</p>
<p><b>Importation des fichiers sous QGIS 2.6.2</b></p>
<p><b>Ajustement spatial manuel des données sous Qgis</b></p> <p>Ajustement des points avec le parcellaire viticole du vignoble (décalages liés à l'imprécision à deux mètres en moyenne du GPS)</p> <p>Suppression de points aberrants (saletés mesurées en continu)</p>
<p><b>Edition de cartes de moyennes parcellaires</b></p> <p>Pour l'indice de biomasse, le nombre de sarments moyens/m<sup>2</sup>, les diamètres moyens des sarments.</p>
<p><b>Edition de trois cartes d'interpolation et classification en trois quantiles</b></p> <p>Pour l'indice de biomasse, le nombre de sarments moyens/m<sup>2</sup>, les diamètres moyens des sarments. Sur la base d'une interpolation linéaire décroissante.</p> <p>Classification en quantiles : classes « faible », « moyenne », « forte »</p> <p>Validation en salle et sur le terrain par les vignerons sur al bases de leurs connaissances empiriques de chacune des parcelles.</p>
<p><b>Création d'une couche de gabarits de placettes théoriques et obtention leur valeur moyenne pour chaque mesure du Physiocap</b></p> <p>Localisation des placettes en fonction des classes définies par les cartes d'interpolation de l'indice de biomasse et des diamètres des sarments, dans l'alignement des modalités d'enherbement (prédéfinies).</p> <p>Valeurs obtenues grâce à l'outil « statistiques rasters », recoupant les valeurs de l'interpolation avec les gabarits des placettes</p>

Figure 13 : Démarche mise en place pour la réalisation des cartes de positionnement des placettes d'essai

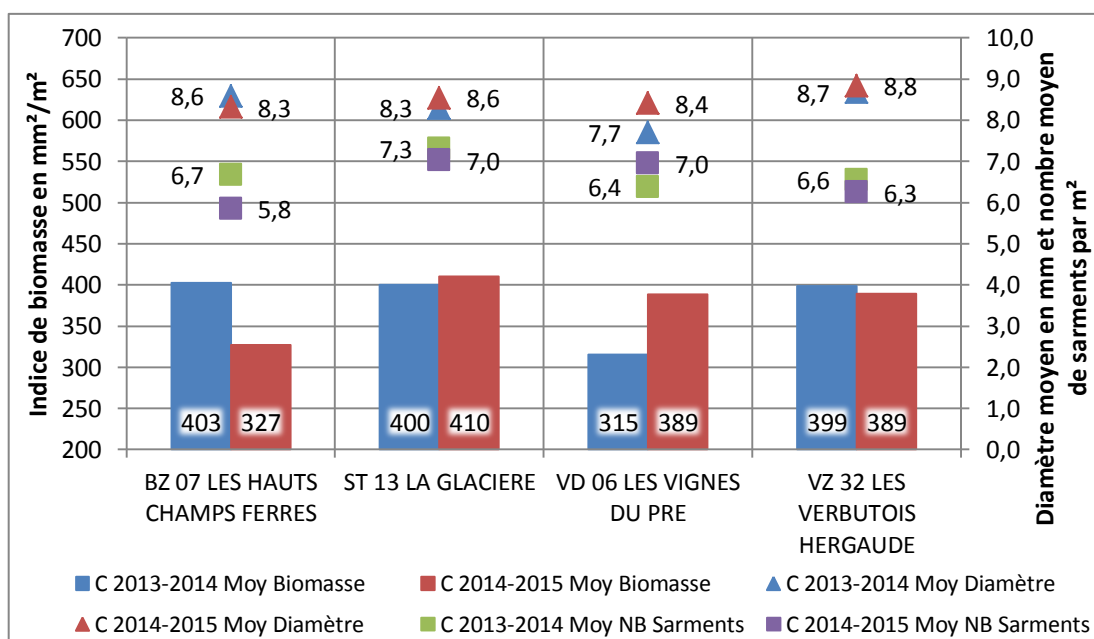
cours de la période de prétaille 2014. La démarche mise en place est identique à celle de l'année 2013 (Dauphin, 2014) est rappelée dans cette sous partie.

Le Physiocap, élaboré par le CIVC, est un capteur de proxydétection embarqué sur les tracteurs. Il se compose de quatre éléments (cf. Figure 12). La première étape de la démarche est celle de l'acquisition des données sur le terrain. Les mesures sont enregistrées par le GPS toutes les secondes (fréquence de 1Hz). La fréquence de balayage des mesures étant supérieure (2000Hz), ce sont donc les moyennes des mesures réalisées en une seconde qui sont envoyées à la boîte d'acquisition. Les capteurs sont fixés sur les enjambeurs à une hauteur de 67 cm soit 7 cm au-dessus des fils de palissage. Les mesures doivent être réalisées entre la chute des feuilles et la taille. Le couplage de l'acquisition des données avec le travail de prétaillage permet d'éviter un passage supplémentaire dans les parcelles spécifiques mais présente l'inconvénient de n'acquies les mesures qu'un rang sur deux. La vitesse d'avancement du tracteur influence le nombre de mesures enregistrées par le GPS. Le dénombrement et les mesures ne sont pas modifiés mais renvoyés sous un nombre plus ou moins important de points. Ainsi, l'acquisition des données se fait à une vitesse d'environ 5km/h pour obtenir un nombre de points offrant une précision jugée suffisante (communication personnelle d'Olivier Garcia, CIVC). Un boîtier de protection contre les projections de boue et de poussières a été ajouté cette année pour limiter au maximum les erreurs de mesures (saletés générant des mesures continues par le laser). En second lieu, le fichier récupéré est traité par une extension du logiciel Python développée par le CIVC, puis traité sous QGIS. L'intégralité de la démarche est détaillée dans la Figure 13. Les légendes ont été définies automatiquement par Qgis en catégorisant les effectifs en trois quantiles correspondant aux classes « faible », « moyenne » et « forte ». Ceci a permis d'affiner par la suite la classification pour chaque cépage (cf. 3.a)).

### *iii. Présentation des parcelles d'essai*

Six parcelles ont été sélectionnées dès mars 2015 selon des critères géographiques (les trois secteurs sont représentés), pratiques, parce qu'elles représentent la variabilité globale du vignoble (cépage, âge de parcelle, topographie) et offrent une hétérogénéité de vigueur intra parcellaire. Le choix a été affiné grâce aux classes de « vigueur et biomasse » par cépages déterminée en 2014. Toutes les moyennes des parcelles appartiennent aux classes moyennes correspondant à leur cépage, et ce, pour tous les critères (indice de biomasse, diamètre moyen des sarments, nombre moyen de sarments). Une exception est à noter pour la parcelle AY05 qui fait partie des classes faibles en indice de biomasse et en nombre de sarments, et qui se situe en limite basse de la classe moyenne pour le diamètre moyen des sarments. Les parcelles sont présentées dans les tableaux n° 6 et 7.

D'un point de vue de l'évolution du potentiel du matériel végétal, quatre des six parcelles (ST13, VD06, VZY32, BZ07) avaient fait l'objet d'une acquisition Physiocap en 2014. Une comparaison entre les deux campagnes a été réalisée pour ces dernières. D'après le graphique 9, on constate que sur les parcelles ST13 et VZ32 les niveaux de vigueur et de biomasse sont restés proches d'un millésime sur l'autre. Leur niveau de vigueur a légèrement progressé grâce à un nombre de bourgeons laissés à la taille moindre.



Graphique 9 : Evolution des moyennes parcelaires de l'indice de biomasse, du diamètre moyen et de nombre moyen de sarments par m² entre la campagne 2013-2014 et la campagne 2014-2015 pour les quatre parcelles ayant fait l'objet d'acquisition Physiocap sur les deux années

Tableau 5 : Récapitulatif des différents biais liés aux difficultés d'application du protocole sur les parcelles

Parcelles concernées	Aléas de protocole	Biais engendré pour l'analyse des résultats
<b>ST13</b>	modalité M1 désherbée un rang sur deux seulement à partir de mi-juin et non en début de campagne	biais par rapport à M0
<b>AY 05</b>	estivage début juillet de M0	biais par rapport à M0 des autres parcelles
<b>BZ07</b>	travail de M2 jusqu'à début juillet	biais par rapport à M1
<b>VZY32</b>	travail de M2 jusqu'à début juillet	biais par rapport à M1
<b>VD06</b>	premier désherbage à l'herbicide et non par travail mécanique	biais par rapport aux autres parcelles

La parcelle BZ07 a connu une diminution de sa biomasse moyenne principalement supportée par le nombre moins important de sarments. Malgré une taille plus courte, le niveau de vigueur a également été légèrement impacté (-0,3 mm). Le constat inverse à celui de la BZ07 peut être porté pour la parcelle VD06 avec un nombre de sarments et un niveau de vigueur supérieur en 2014-2015.

Concernant leur fertilisation azotée, toutes présentent des C/N relativement élevés. Ceci est le fait d'une minéralisation ralentie de la matière organique qui pourrait être pour partie être liée aux pratiques de fertilisation mises en œuvre historiquement : l'apport d'écorces aux C/N et ISB élevés. L'évolution des pratiques de fertilisation avec des apports en amendements organiques (à base de fumier de mouton et de tourteaux végétaux) et l'enherbement de l'intégralité du vignoble VCP tendent à faire évoluer le statut azoté des parcelles. Par ailleurs, la nature à dominante argileuse, le sous-sol carbonaté, les conditions hydriques de 2014 et de 2015, défavorables à la minéralisation peuvent également en partie expliquer le ralentissement de cette dernière. Aucune donnée sur la biomasse microbienne n'était disponible. Toutes les parcelles ont fait l'objet d'apport d'engrais organique de 30 à 40 unités d'azote en début de campagne. Ceci a été complété par deux apports d'azote foliaire de 3.7 UN (à l'exception de la ST13 en bio) afin de palier le déficit de minéralisation des sols et assurer une croissance végétative et des teneurs en azote des moûts suffisantes. Cet historique et le changement de pratiques de fertilisation concourent également à ce que ces parcelles présentent un pourcentage de matières organiques du sol élevé pour des sols viticoles.

La détermination de la faisabilité de l'enherbement permanent présentée dans les tableaux 6 et 7 a été obtenue à partir de la carte de pilotage de l'enherbement réalisée par le CIVC. Cette carte a été complétée par une « météo des sols » : un modèle de suivi des teneurs hydriques des sols pour chacune des réserves utiles sur différents secteurs.

En outre, les historiques d'aménagements des parcelles, dus pour une grande part à leur topographie compliquée, et leurs sensibilités paraissent être des facteurs prépondérants dans l'expression des hétérogénéités de vigueur intra-parcellaires observées (cf. [Annexe 1](#), et [les commentaires des tableaux 6 et 7](#)).

La mise en place et l'entretien des différentes modalités d'enherbement ont connu des difficultés de mise en œuvre pratique sur le terrain créant des biais pour l'analyse des résultats (cf. [Tableau 5](#)). En effet, pour la modalité M2 (« désherbé mai/juin »), il était originellement prévu que le désherbage soit réalisé au plus tard jusqu'à fin avril. L'inter-rang enherbé aurait été entretenu par tonte si nécessaire par la suite. Toutefois, la difficulté pour détruire un enherbement déjà bien installé a entraîné un décalage dans le temps du travail mécanique dans l'inter-rang jusqu'à début juin. Ce retard, couplé aux conditions exceptionnellement sèches pour la saison, a considérablement limité la réinstallation d'un couvert végétal. Ces aléas dans l'application des protocoles ont également été dus à des problèmes de communication, tant dans l'expression que dans la compréhension des consignes, entre la cellule d'expérimentation et les personnes chargées de leur application. Enfin, la disponibilité des outils a également été un facteur jouant sur la capacité de gestion de l'enherbement.



Tableau 6 : Présentation des parcelles d'essai

Commune	Code Parcelle	Nom usuel	Cépage	Age	Taille	Indice de biomasse moyenne (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de sarments /m <sup>2</sup>
<u>Villedommange</u>	<b>VD 06</b>	Les vignes du pré	Meunier	11 ans	Cordon	388.82 Classe moyenne 2014	8.414 Classe moyenne 2014	6.962 Classe moyenne 2014
<b>Géologie</b>	<b>Texture</b>	<b>Pente Orientation</b>	<b>Stratégie couverture</b>	<b>C/N -MO</b>	<b>Fertilisation azotée</b>	<b>Enherbement permanent</b>	<b>Commentaires</b>	
Sable, calcaire, Tuffeau de Damery	Argileuses	SE Bas de coteau	Exploitation	C/N=13 MO= 2,08% fin 2014	Engrais organique Azote foliaire: 3,5 UN avant floraison et pré véraison	<b>Difficilement envisageable</b> (RU du sol faible)	Zone de vigueur extrêmement faible au niveau de l'ancien talus (sol superficiel), Sol décompacté en 2014 un rang sur deux: semelle de labour niveau de la zone terrassée à 25 cm de profondeur	

Commune	Code Parcelle	Nom usuel	Cépage	Age	Taille	Indice de biomasse moyenne (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de sarments /m <sup>2</sup>
<b>Bouzy</b>	<b>BZ 07</b>	Les hauts champs ferrés	Pinot noir	14 ans	Cordon	327.618 Classe moyenne 2014	8.326 Classe moyenne 2014	5.847 Classe moyenne 2014
<b>Géologie</b>	<b>Texture</b>	<b>Pente Orientation</b>	<b>Stratégie couverture</b>	<b>C/N-MO</b>	<b>Fertilisation azotée</b>	<b>Enherbement permanent</b>	<b>Commentaires</b>	
Craie blanche du Campanien inférieur	Argileuse	10% S Milieu de coteau	Exploitation	C/N=15,5 MO=3,4% fin 2014	Engrais organique ; Azote foliaire: 3,5 UN avant floraison et pré véraison	<b>Possible si gestion adaptée</b> (RU du sol moyenne).	Hétérogénéité de vigueur liée à l'historique de terrassement de la parcelle. Parcelle pour vin rouge.	

Commune	Code Parcelle	Nom usuel	Cépage	Age	Taille	Indice de biomasse moyenne (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de sarments /m <sup>2</sup>
<b>Saint-Thierry</b>	<b>ST 13</b>	La glacière	Meunier	14 ans	Cordon	410.078 Classe moyenne 2014	8.551 Classe moyenne 2014	7.0315 Classe moyenne 2014
<b>Géologie</b>	<b>Texture</b>	<b>Pente Orientation</b>	<b>Stratégie couverture</b>	<b>C/N -MO</b>	<b>Fertilisation azotée</b>	<b>Enherbement permanent</b>	<b>Commentaires</b>	
Craie à <u>Actinocamax quadratus</u>	Sables limoneux	S Tout coteau	Bio	C/N et MO inconnus	Amendement organique Pas d'azote foliaire ; Bio	<b>Difficilement envisageable</b> (RU du sol faible)	Sol peu structurant en coteau, exposition favorable aux contraintes hydriques, entretien du sol compliqué. Compactage lors de la préparation du terrain à la plantation puis décompactage un rang sur deux à 30 cm de profondeur.	

#### *iv. Les placettes d'essai*

Les quarante-huit placettes d'essai ont été localisées théoriquement à partir des fichiers rasters d'interpolations des biomasses moyennes, des diamètres des sarments moyens (cf. [Annexes 2](#)). Leur positionnement a été réalisé afin de minimiser autant que possible les différences entre placettes appartenant à une même classe (faible, moyen, ou fort), tant en termes de diamètre de sarment que d'indice de biomasse (pas de différences statistiques entre modalités d'enherbement) (cf. [Tableau 8](#)). En minimisant ces différences, les biais liés à l'état de vigueur initiale des placettes entre modalités sont réduits au maximum. Ceci permet ainsi d'évaluer l'impact réel des systèmes d'enherbement. Pour les parcelles VT54 et VD06 seulement deux classes de vigueur et biomasse ont été définies. En effet, ces dernières ne présentaient pas de zones homogènes en vigueur et en biomasse sur l'ensemble des modalités pour les trois classes. A l'inverse, les différences entre classes par rapport à la moyenne globale des placettes ont été souhaitées les plus grandes possibles afin que chaque classe soit réellement et statistiquement différente l'une de l'autre.

Chaque placette s'étend sur sept rangs de large et deux inter-piquets. Celles-ci ont été positionnées, dans la mesure du possible, au milieu des modalités afin de limiter l'effet bordure. Seule la modalité « en plein » a pu être localisée à différents endroits dans les parcelles, car pratiquée sur leur intégralité.

Pour les trois parcelles ayant fait l'objet de suivi vigueur l'année précédente (BZ07, VZY32, VD06), les placettes étaient localisées à des endroits différents dans la parcelle par rapport aux essais de suivis de 2015 et n'ont donc pas permis de réaliser des comparaisons.

Plusieurs biais sont à soulever dans le choix du positionnement des placettes, le principal étant les faibles différences entre classe de vigueur pour certaine parcelle (par exemple AY05 ne présente pas de différence significative en terme de vigueur entre les modalités faibles et moyennes). Ensuite les placettes ont été déterminées à partir d'interpolations, c'est à dire des valeurs moyennes sur 1 m<sup>2</sup> de l'ensemble des points situés dans un rayon de 10 mètres en donnant une importance décroissantes aux points les plus éloignés. A ceci s'ajoute l'approximation liée à la précision du GPS du Physiocap lors de l'acquisition des données, et celle due à la faible précision du GPS du smartphone utilisé lors du positionnement sur le terrain. En dernier lieu, il convient de noter que pour la parcelle ST13, les contours cadastraux de la parcelle ne correspondaient pas à la réalité, obligeant à approximer davantage encore le placement des placettes sur le terrain et sur QGIS. Afin de faciliter l'interprétation des résultats parcellaires obtenus, les placettes ont été positionnées à partir de classes bornées en fonction du potentiel initial de chaque parcelle. Par exemple, les placettes classées en catégorie « forte biomasse et vigueur » pour la parcelle d'AY05, ne correspondront pas en terme de potentiel à celles de Verzy, bien qu'étant toutes deux plantées en Pinot noir. Pour adapter les pratiques d'enherbement à l'échelle du vignoble, il sera impératif de considérer ce potentiel de départ de chaque parcelle.

Le matériel végétal constitue un biais en lui-même à l'échelle d'observation intra et inter-parcellaire des essais. En effet, les modalités d'enherbement ont pu être installées sur différents clones de cépage, clone de porte-greffe et associations clone porte-greffe\*clone cépage (cas de VZY32 par exemple). Ce biais est néanmoins lissé lors d'une observation à l'échelle globale du réseau d'observation.

Tableau 7 : Suite de la présentation des parcelles d'essai

Commune	Code Parcelle	Nom usuel	Cépage	Age	Taille	Indice de biomasse moyenne (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de sarments /m <sup>2</sup>
Verzy	VZY 32	Les Verbutois Hergaude	Pinot noir	24 ans	Cordon	386.929 Classe moyenne 2014	8.819 Classe moyenne 2014	6.237 Classe moyenne 2014
Géologie	Texture	Pente Orientation	Stratégie couverture	C/N -MO	Fertilisation azotée	Enherbement permanent	Commentaires	
Craie blanche tendre Travertin de Sézanne, Sables à galets, conglomérat, calcaire et sables	Limons sablo-argileux	11,25% NE Milieu de coteau	3 <sup>ème</sup> voie	C/N=13,7 MO=2,53% fin 2014	Engrais organique Azote foliaire : 3,7 UN avant floraison et pré véraison	<b>Possible si gestion adaptée</b> (RU du sol moyenne)	Zone de vigueur faible observée en bas de parcelle : terre remontée en haut avant plantation. Excoriose sur l'ensemble de la parcelle	
Commune	Code Parcelle	Nom usuel	Cépage	Age	Taille	Indice de biomasse moyenne (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de sarments /m <sup>2</sup>
Aÿ	AY 05	Crohaù Villers	Pinot noir	25 ans	Cordon	279.087 Classe faible 2014	8.000 Classe moyenne 2014	5.469 Classe faible 2014
Géologie	Texture	Pente Orientation	Stratégie couverture	C/N -MO	Fertilisation azotée	Enherbement permanent	Commentaires	
Craie blanche tendre Colluvions indifférenciées	Limon sablo-argileux	7 SE Haut de coteau	Exploitation	C/N et MO inconnus	Engrais organique, Azote foliaire : 3,7 UN avant floraison et pré véraison	<b>Possible si gestion adaptée</b> (RU du sol moyenne).	Parcelle visuellement extrêmement faible, excoriose,, Zone court-nouée. Pas d'historique de terrassement.	
Commune	Code Parcelle	Nom usuel	Cépage	Age	Taille	Indice de biomasse moyenne (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de sarments /m <sup>2</sup>
Vertus	VT 54 A	Les Monts Ferrés	Chardonnay	33 ans	Chablis	469.668 Classe moyenne 2014	9.363 Classe moyenne 2014	6.746 Classe moyenne 2014
Géologie	Texture	Pente Orientation	Stratégie couverture	C/N -MO	Fertilisation azotée	Enherbement permanent	Commentaires	
Formations de versants indifférenciées solifluués et colluvionnés	Limons argilo-sableux	2 SE Bas de coteau	Exploitation	C/N= 12 en 2003 MO=3,6%	Engrais organique Azote foliaire : 3,7 UN avant floraison et pré véraison	<b>Possible si gestion adaptée</b> (RU du sol moyenne)	Zone court-nouée, écartement de 1,1m entre rangs. Pas d'historique de terrassement	

En dernier lieu, une étude de corrélation a permis de montrer que pour les placettes d'essais, les indices de biomasse sont fortement corrélés au diamètre moyen de sarments (cf. [Figure 15](#)). Ainsi, les résultats pourront bien être appréhendés au vue du fonctionnement de la plante et de vigueur. Ce résultat diffère de ceux observés à l'échelle du vignoble pour lequel le nombre des sarments est davantage corrélé à la biomasse que les diamètres moyens (cf. 1.b.i)).

#### *v. Déroulement de la campagne 2014-2015*

Les différents stades phénologiques ont été atteints à des dates proches de leur moyenne décennale champenoise, voire avec 2 à 3 jours d'avance sur celles-ci (cf. [Tableau 9](#)).

La campagne 2014-2015 a débuté par un hiver dans la moyenne des normales champenoises aussi bien pour les températures que pour la pluviosité. Aucune gelée critique pour la vigne n'a été enregistrée, les plus extrêmes atteignant des températures de -5°C environ. Le printemps a été marqué par des températures douces voire estivales, une faible pluviométrie ainsi que par une luminosité et des amplitudes thermiques importantes. La floraison s'est déroulée dans une dynamique d'assèchement relativement importante des sols, de températures estivales et de forte luminosité. Ces conditions se sont poursuivies et amplifiées au moment de la nouaison jusqu'à aboutir à un épisode caniculaire début juillet. De ce fait, la vigne a subi, aux étapes déterminantes pour la composition du rendement (floraison, nouaison et croissance herbacée des baies), des conditions de contraintes azotées. Cela s'est traduit visuellement par un jaunissement du feuillage et localement par la chute des feuilles âgées à la base des rameaux. Les conditions de sécheresses ont perduréés durant les mois de juillet limitant la croissance des baies et conduisant à des poids de grappes estimés faibles par rapport à ceux estimés à la même date lors d'un millésime moyen en Champagne. La véraison a eu lieu entre le 5 et le 7 août 2015. Les fortes chaleurs ont eu pour conséquence une dégradation de l'acidité et un chargement en sucre rapides pour les parcelles les plus précoces. Ce millésime contraste sur ce point avec 2014, qui présentait des acidités marquées (par exemple, jusqu' à 1,7g/L en plus par rapport à 2015 à TAP égaux). A titre de comparaison, en termes d'acidité et de TAP, le millésime 2015 se rapproche de celui de 2007, année considérée comme précoce en Champagne. Les pluies survenues au cours du mois d'août ont permis le bon déroulement de la maturation ainsi qu'une progression du poids moyens des grappes (cf. [Graphique 10](#)).

D'un point de vue de la pression phytosanitaire, l'année 2015 en Champagne a été considérée comme une année à risque épidémique fort, comparable à 2012, pour l'oïdium (cf [Figure 16](#)). En revanche, la pression de mildiou et de botrytis a été faible du fait des conditions climatiques sèches de l'année, et ne s'est pas renforcée malgré les pluies survenues fin août et début septembre.

#### *b) Suivis des paramètres liés au comportement de la vigne*

Pour l'année d'expérimentation 2015, les mêmes paramètres qu'en 2014 ont été suivis. Ce sont donc des paramètres en lien avec la nutrition, l'équilibre physiologique de la vigne, et

Tableau 8 : Moyennes et écart-types des placettes appartenant à une même modalités d'enherbement et entre classe de vigueur à l'échelle intra-parcellaire

		Moyennes et écart-type global entre des modalités d'enherbement pour chaque classe									Moyennes et écart-type globaux entre classes		
		Classe "Faible"			Classe "Moyenne"			Classe "Forte"			Indice de biomasse (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre de sarments/m <sup>2</sup>
		Indice de biomasse mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Diamètre moyen mm	Nombre de sarments/m <sup>2</sup>	Indice de biomasse mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Diamètre moyen mm	Nombre de sarments/m <sup>2</sup>	Indice de biomasse (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Diamètre moyen (mm)	Nombre de sarments/m <sup>2</sup>			
<b>AY05</b>	Moyenne	254,981	7,621	5,408	283,955	7,786	5,739	334,215	8,087	6,603	<b>291,050</b>	<b>7,831</b>	<b>5,917</b>
	Ecart-type	9,700	0,076	0,348	5,729	0,080	0,285	7,272	0,125	0,351	<b>32,734</b>	<b>0,193</b>	<b>0,503</b>
<b>VZY 32</b>	Moyenne	358,560	8,429	7,729	381,232	8,814	7,943	464,290	9,206	8,424	<b>401,361</b>	<b>8,816</b>	<b>8,032</b>
	Ecart-type	4,589	0,044	0,017	2,406	0,093	0,021	10,755	0,041	0,062	<b>45,450</b>	<b>0,317</b>	<b>0,290</b>
<b>BZ07</b>	Moyenne	304,949	8,201	7,357	372,188	8,578	7,828	430,853	9,122	8,260	<b>369,330</b>	<b>8,634</b>	<b>7,815</b>
	Ecart-type	2,609	0,023	0,022	14,006	0,096	0,096	13,273	0,143	0,054	<b>51,440</b>	<b>0,378</b>	<b>0,369</b>
Moyenne pinots		306,163	8,084	6,831	345,792	8,392	7,170	409,786	8,805	7,762	353,914	8,427	7,254
Ecart-type pinots		42,295	0,340	1,018	43,881	0,440	1,013	55,153	0,509	0,822	42,692	0,296	0,385
<b>ST13</b>	Moyenne	349,916	8,163	6,616	383,645	8,425	6,840	436,527	8,718	7,211	<b>390,030</b>	<b>8,435</b>	<b>6,889</b>
	Ecart-type	6,366	0,072	0,173	7,656	0,087	0,079	7,939	0,015	0,219	<b>35,646</b>	<b>0,227</b>	<b>0,245</b>
<b>VD06</b>	Moyenne	335,921	8,002	7,588	398,964	8,271	7,993				<b>367,442</b>	<b>8,137</b>	<b>7,791</b>
	Ecart-type	13,378	0,055	0,056	1,015	0,086	0,009				<b>31,522</b>	<b>0,134</b>	<b>0,203</b>
Moyenne meuniers		342,918	8,083	7,102	391,305	8,348	7,417				367,111	8,215	7,259
Ecart-type meuniers		5,714	0,066	0,397	6,254	0,063	0,471				24,193	0,133	0,157
<b>VT54</b>	Moyenne				468,198	9,361	6,607	510,849	9,577	7,088	489,524	9,469	6,848
	Ecart-type (/modalité)				5,874	0,023	0,144	9,847	0,047	0,224	21,325	0,108	0,241

	Diametremoyen	Indicebiomasse	Nbrsarments
Diametremoyen	1.0000000	0.9283060	0.3409157
Indicebiomasse	0.9283060	1.0000000	0.3701601
Nbrsarments	0.3409157	0.3701601	1.0000000

Figure 15 : Résultats de corrélation entre les différents critères de biomasse et vigueur à l'échelle du réseau de placettes

avec les objectifs qualitatifs et quantitatifs de production qui ont été suivis. Une analyse statistique des résultats a ensuite été menée pour définir l'impact de l'enherbement et l'effet de l'enherbement couplé au niveau de vigueur sur ces éléments.

### *i. Nutrition et équilibre physiologique de la vigne*

La nutrition azotée de la vigne en période de croissance végétative a été estimée à partir des mesures au N-Tester. Comme vu plus haut dans ce rapport, le niveau de vigueur influence la quantité d'azote contenue dans les feuilles. L'azote constitue un facteur important du métabolisme en tant que composante des protéines. Au niveau foliaire, ceci se traduira notamment par un taux de chlorophylle d'autant plus important que la vigueur et donc la teneur en azote est forte. C'est sur cette propriété que reposent les mesures du N-Tester. Il s'agit de mesures optiques de l'intensité de coloration du limbe. Cette technique d'acquisition est non destructive et les données ne nécessitent pas d'analyses en laboratoire. Toutefois, cet outil ne permet pas déterminer des normes d'interprétation précises (mesure sans unité, variant selon le cépage, dépendant du stade physiologique, de variation de la couleur selon le feuillage (poils du meunier problématiques pour les mesures...)) (Van Leeuwen et Friant, 2011). Quatre relevés ont été effectués : l'un au stade 7 à 10 feuilles (dès le positionnement des placettes sur le terrain), l'un à nouaison, l'autre à la fermeture de la grappe et enfin à la pré-véraison, période d'absorption racinaire maximale de l'azote (Goutouly, 2011). Ces acquisitions au N-Tester permettent donc d'évaluer l'évolution de la quantité d'azote foliaire au cours de la campagne. Il aurait pu être intéressant de compléter ceci avec une mesure précoce acquise avec un outil adapté et précis afin d'estimer plus précisément les réserves azotées de la plante, avant que l'absorption racinaire ne se mette en place et que les réserves ne soient trop consommées. Une même dernière mesure tardive, en post-vendange, permettrait également d'évaluer la remobilisation de l'azote des feuilles sénescentes vers les organes de réserve, et donc ainsi, une partie du potentiel des réserves azotées utiles pour le début de croissance de l'année suivante.

L'équilibre et la dynamique nutritionnelle de la vigne a été évalué à partir d'analyses pétiolaires réalisées pour chacune des placettes selon le protocole du CIVC issu du guide Viticulture Durable en Champagne. Cinquante pétioles ont donc été prélevés et séchés au début de la véraison puis envoyé au laboratoire d'analyse. Les résultats azotés de ces dernières ont été mis au regard des valeurs de N-Tester à véraison et des teneurs azotées des moûts à la vendange.

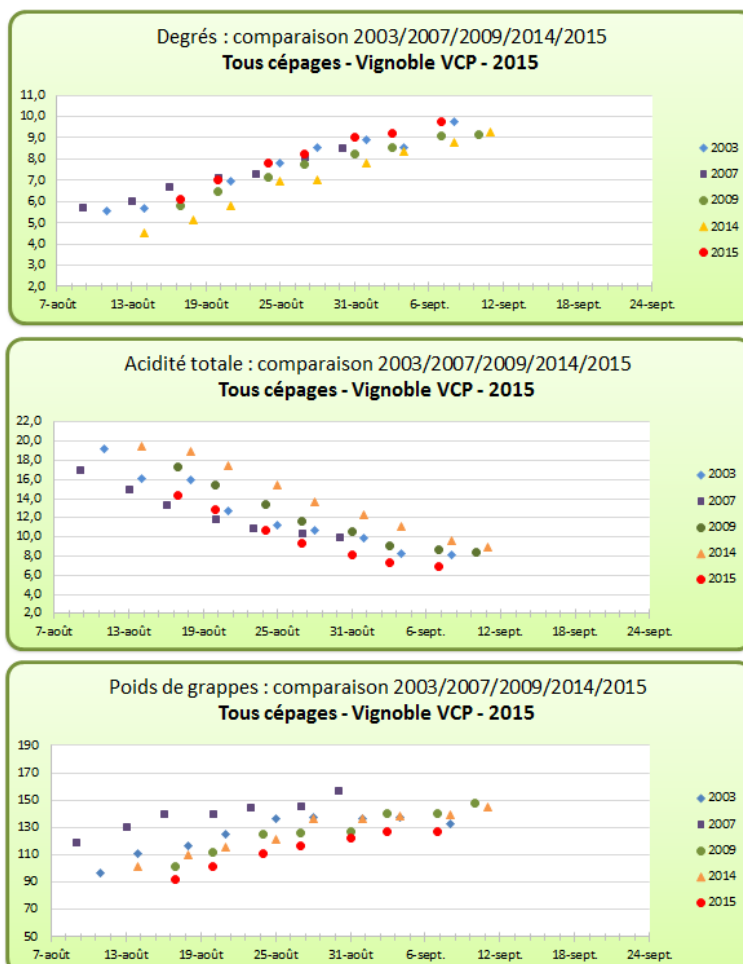
### *ii. Suivis de paramètres influencés par la vigueur modulée par l'enherbement*

- **Suivi des maladies cryptogamiques**

Le début des comptages d'intensité et de fréquence des maladies cryptogamique ont débuté dès l'installation de la pression parasitaire au vignoble. Les avertissements viticoles émis par le CIVC ont permis de suivre de façon hebdomadaire son avancée tout au long de la

Tableau 9 : Dates des différents stades phénologiques 2015 en Champagne

	Débourrement	Pleine floraison	Vendange
<b>Chardonnay</b>	14/04/2015	11/06/2015	7/09/2015
<b>Pinot noir</b>	17/04/2015	14/06/2015	10/09/2015
<b>Meunier</b>	18/04/2015	15/06/2015	09/09/2015



Graphique 10 : Evolution et comparaison des différents paramètres technologiques suivis lors des contrôles de maturité

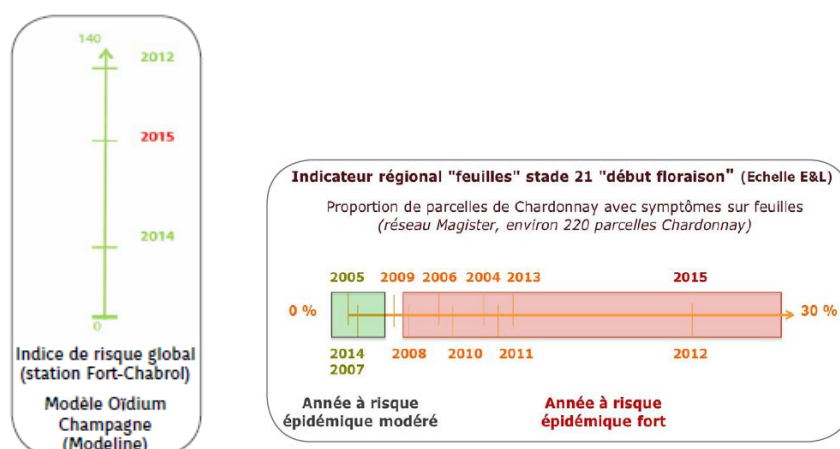


Figure 16 : 2015 millésime a forte pression estimée d'oïdium en début et milieu de campagne sur une échelle relative aux millésimes antérieurs, source : Avertissements viticoles du CIVC

saison. Les comptages ont débutés sur feuilles puis se sont poursuivis sur grappes sur chacune des placettes.

- **Suivi des composantes du rendement et de qualité de la vendange**

Le comptage du nombre d'inflorescences permet d'évaluer un potentiel du rendement précocement dans la saison. Ce comptage a été complété par la pesée de cinquante grappes par placette à la vendange. Le nombre de baies par grappe n'a pas été dénombré. Vingt grappes ont été pressées et les moûts analysés. Le TAP a été obtenu par lecture au réfractomètre et l'acidité totale par un dosage à la soude. Des analyses plus poussées en laboratoire ont permis de renseigner des paramètres complémentaires importants en œnologie, tel l'azote ammoniacal et aminé, nécessaires pour assurer un bon déroulement des fermentations. Les paramètres qualitatifs des anthocyanes et des tanins ne seront pas analysés car nécessitant des analyses plus poussées et ne présentant pas un enjeu fort pour l'élaboration des vins de champagne (vin blanc principalement et peu tannique). Seule la filière « vins rouges » aurait pu trouver un intérêt dans ces analyses.

A la vendange, trois baies sur chacune des vingt grappes ont été prélevées pour la dégustation de baies. Un jury composé de quatre à quinze membres avait été préalablement formé en début de contrôle de maturité pour chacun des trois cépages. Chaque jury attribue neuf notes à l'échantillon après dégustation de cinq à six baies prises ensemble. Les notes évaluent plusieurs critères pour la pellicule (dilacération, arôme dominant, intensité aromatique), pour la pulpe (sucrosité, acidité, aromatique, intensité aromatique), un sur la couleur des pépins renseignant sur l'avancée de la maturité de la baie, et un dernier sur la résistance à l'écrasement des baies lié au ramollissement de la baie lors du chargement en sucre. Une note globale est ensuite donnée à l'échantillon. Cette note est utilisée pour un positionnement du niveau de maturité de l'échantillon par rapport à une maturité idéale, correspondant la note maximale de 10 et à la date de vendange. Les grilles de notation pour la dégustation est détaillée dans l'annexe III. Dans le cadre des essais sur l'impact de la gestion de l'enherbement sur la vigueur de la vigne, seules les intensités aromatiques de la chair, de la pellicule et l'impression globale de l'échantillon ont été considérées. Les échelles de notation d'intensité de la pulpe et pelliculaire font ressortir les aspects aromatiques (1 à 4 pour la dominante végétale, 4.5 pour les échantillons neutres, de 5 à 10 pour les notes fruitées/confiturées). Le choix de ces critères s'explique par le fait qu'ils sont les principaux critères utilisés pour affiner l'organisation du parcours de cueillette lors de la vendange. Les analyses et les dégustations de baies en cours de maturation ont dûes être abandonnées pour des raisons logistiques et organisationnelles. L'impact de l'enherbement ne pourra donc pas être pris en compte cette année pour l'évolution de ce paramètre. L'ensemble des observations et analyses effectuées sont résumées dans le Tableau 10.

- **Traitement statistique des données**

Le traitement statistiques des résultats ont été réalisés grâce aux logiciels R.3.2.1, à partir notamment des packages R VaideMemoire, FactoMineR, et Rcmdr, et Xcel 2010. Les résultats seront présentés principalement sous formes de tableaux et graphiques croisés



Tableau 10 : Protocoles d'observation de différents paramètres influencés par la vigueur et la biomasse

Période d'observation	Fréquence d'observation	Organes observés /placette	Maladies observées	Analyses effectuées
Début de période végétative - Nouaison	1 fois/semaine	50 feuilles prélevées	Mildiou Oïdium	N-tester
Floraison	1 fois	Inflorescences	/	Comptage
Nouaison - Véraison	1 fois/semaine	50 grappes sur pied	Mildiou Oïdium Pourriture grise	N-Tester fermeture de la grappe et prévéraison
Vendange	1 fois	50 grappes observées, 20 prélevées pour le contrôle maturité 60 baies prélevées pour la dégustation	Pourriture grise	Poids des grappes Titre alcoolémique potentiel Acidité totale Analyse de moût en laboratoire Dégustation de baies

dynamiques issus du logiciel Xcel, et sous formes de matrices de corrélation R. Ces représentations ont permis d'illustrer de manière graphique les tendances observées mais non-significatives d'un point de vue statistique. Néanmoins, différents tests ont été appliqués au préalable et tous ne seront pas montrés car pour la plupart non-significatifs (ANOVA, Analyses Factorielles de Données Mixtes et test d'Hill and Smith du package RVAideMemoire ou FAMD du package FactoMineR). Pour les résultats d'ANOVA, les conditions d'indépendance, de normalité de distribution et de homoscedasticité des variables ont été vérifiées à partir des tests de Shapiro-Wilk pour la normalité et de Levene pour l'homogénéité des variances. Lorsque les conditions n'étaient pas respectées le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a alors été appliqué puis des comparaisons deux à deux avec le test des rangs de Wilcoxon, comme selon la procédure décrite dans le document d'Hervé (2014). Ces tests ont été appliqués pour expliquer les cas de variables quantitatives continues (mesures) en fonction d'un ou deux facteurs qualitatifs à plus de deux classes (trois modalités d'enherbement et trois classes de vigueur). Les analyses factorielles de données mixtes ont été utilisées pour illustrer les composantes de facteurs et de variables de nature différente (qualitatives et quantitatives). Un seuil de rejet de la significativité des tests a été fixé pour  $\alpha=5\%$ .

### 3. Résultats et analyse

#### a) Résultats issus des données Physiocap

A l'échelle du vignoble dans son ensemble, le plus large relevé Physiocap a permis d'affiner les classes de potentiel faible-moyen-fort définies pour chaque cépage. Ceci a conduit principalement à réduire les valeurs hautes des classes moyennes et fortes et à rehausser la limite haute des mesures « faible ». Ce gain de précision a permis d'affiner les limites des classes observées (méthode présentée en 2.a)ii) et voir [Tableau 11](#)).

Les relevés Physiocap réalisés durant l'hiver 2014/2015 ont montré que le Meunier présente un potentiel équivalent voire légèrement supérieur au Pinot noir alors que l'inverse était constaté l'année dernière (Dauphin, 2014). La différence peut s'expliquer par le fait que davantage de parcelles ont été mesurées pour le Pinot en 2015 par rapport à 2014. En effet, 42 parcelles ont été acquises en 2014 pour le Pinot contre 10 en 2013 (nombre de parcelles multiplié par 4,2) et 23 pour le Meunier contre 17 en 2013 (parcelles mesurées 1,35 fois supérieures). L'augmentation de la taille l'échantillon a donc permis de gagner en précision par rapport à la moyenne réelle, notamment pour le Pinot. Cette diminution des valeurs mesurées peut également s'expliquer par le fait que les surface de Pinot sont destinées à des orientations de productions diverses : certaines sont cultivées pour la production vins de base blanc et d'autres pour celle de base rouge. Les objectifs de vigueur ne sont donc pas les mêmes. Enfin, l'état sanitaire de parcelles de Pinot affectées par des zones court-nouées influence également ces résultats. Toutefois, c'est pour le Chardonnay que l'augmentation des acquisitions a été la plus importante : 112 parcelles ont été mesurées contre 20 en 2013. Un constat et un raisonnement similaire à celui porté sur le Pinot peut être avancé pour le Chardonnay qui montre une diminution globale de l'indice de biomasse, de vigueur et du

Tableau 11 : Nouvelle classification et catégorisation trois quantiles égaux (faible, moyen, fort) de l'indice de biomasse, du diamètre moyen des sarments et du nombre moyen de sarments par m<sup>2</sup> déterminées d'après les acquisitions Physiocap 2014-2015 sur l'intégralité du parcellaire viticole de VCP

		Chardonnay 2015	Chardonnay 2014	Pinot 2015	Pinot 2014	Meunier 2015	Meunier 2014
<b>Nombre de parcelles observées</b>		112	20	42	10	23	17
<b>Indice de Biomasse en mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup></b>	Moyenne	433,7	495,84	400,96	429,01	405,56	400,25
	Classe faible	<400	< 400	<350	< 310	>390	< 320
	Classe moyenne	400<x<480	400 < x < 550	350<x<430	310 < x < 450	390<x<450	320 < x < 450
	Classe forte	>480	>550	>430	> 450	>450	> 450
<b>Diamètre en mm</b>	Moyenne	8,96	9,01	8,658	8,67	8,765	8,51
	Classe faible	<8,92	< 8,70	<8,34	< 7,97	<8,6	< 7,78
	Classe moyenne	8,92<x<9,18	8,70 < x < 9,58	8,34<x<8,87	7,97 < x < 8,97	8,6<x<8,80	7,78 < x < 8,73
	Classe forte	>9,18	> 9,58	>8,87	> 8,97	>8,80	> 8,73
<b>Nombre de sarments nbr / m<sup>2</sup></b>	Moyenne	6,714	7,64	6,658	7,06	6,661	6,93
	Classe faible	<6,2	< 5,89	<6,13	< 5,92	<6,33	< 6,14
	Classe moyenne	6,2<x<7,3	5,89 < x < 7,99	6,13<x<6,92	5,92 < x < 7,84	6,33<x<7,11	6,14 < x < 8,24
	Classe forte	>7,3	> 7,99	>6,92	> 7,84	>7,11	> 8,24

Tableau 12 : Classification des parcelles d'essai selon les nouvelles classes définies en 2015

Commune	Code Parcelle	Nom usuel	Cépage	Biomasse moyenne	Diamètre moyen	Nombre moyen de sarments
<b>Ville-Dommange</b>	VD 06	Les Vignes du pré	Meunier	388.82 Classe <b>faible</b>	8.414 Classe <b>faible</b>	6.9617 Classe moyenne
<b>Saint-Thierry</b>	ST 13	La Glacière	Meunier	410.078 Classe moyenne	8.551 Classe <b>faible</b>	7.0315 Classe moyenne
<b>Bouzy</b>	BZ 07	Les Hauts Champs Ferrés	Pinot noir	327.618 Classe <b>faible</b>	8.326 Classe <b>faible</b>	5.847 Classe <b>faible</b>
<b>Verzy</b>	VZY 32	Les Verbutois Hergaude	Pinot noir	386.929 Classe moyenne	8.819 Classe moyenne	6.237 Classe moyenne
<b>Ay</b>	AY 05	Crohau-Villers	Pinot noir	279.087 Classe faible	8.000 Classe <b>faible</b>	5.469 Classe faible
<b>Vertus</b>	VT 54 A	Les Monts Ferrés	Chardonnay	469.668 Classe moyenne	9.363 Classe <b>forte</b>	6.746 Classe <b>forte</b>

nombre de sarments. Certaines parcelles de Chardonnays acquises en 2014 sont fortement affectées par le court-noué. A ceci s'ajoute un parcours hydrique lors de la campagne 2014 peu favorable à la minéralisation des amendements organiques dans le secteur 12 et 23. Pour les parcelles de Meunier, localisées sur le secteur 40, le parcours hydrique a lui été différent et davantage propice à la minéralisation. Ceci pourrait expliquer une augmentation de valeurs de classe par rapport à 2014. Si l'on considère ces nouvelles classes pour re-situer les moyennes des parcelles d'essais pour chacun des critères mesurés, il en ressort alors des modifications d'appartenance aux classes de vigueur et biomasse (cf. [Tableau 12](#)).

## *b) Les résultats du suivi de l'état nutritionnel de la vigne au moût*

### *i. La nutrition azotée de la vigne et incidence sur le moût*

#### *i) Du débourrement à la véraison*

Les résultats des relevés N-Tester ont permis de mettre en évidence une augmentation importante de la teneur en azote foliaire entre le début de la croissance végétative et la floraison. Cette croissance ressort statistiquement avec une différence significative entre le stade phénologique 7/10 feuilles et les autres qui n'en sont pas statistiquement différents les uns des autres. Ce constat est le même pour tous les cépages (cf. [Annexes IV](#)). Cette dynamique ralentit ensuite nettement entre floraison et nouaison. Cela va dans le même sens que ce qui est décrit la littérature : les quantités d'azote en pourcentage de la matière sèche des feuilles diminue progressivement bien que l'absorption racinaire augmente jusqu'à la période de post-véraison/floraison. De plus, la dynamique d'absorption azotée racinaire a pu être pénalisée par les fortes températures et le déficit hydrique qui ont bloqué la minéralisation et la mobilité des éléments dans la solution aqueuse du sol. Par ailleurs, un « partage » de cette absorption a lieu entre les feuilles et les grappes, qui constituent une nouvelle forme d'organe puits, principalement de la nouaison jusqu'à véraison.

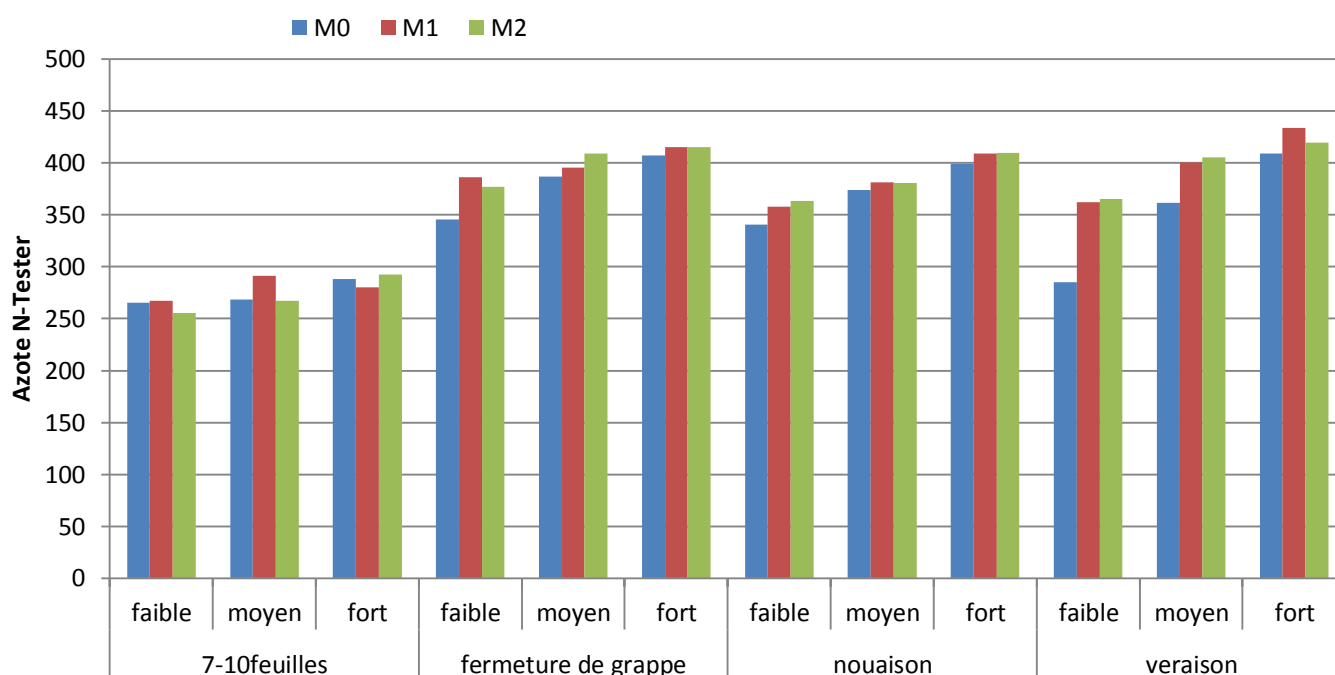
Les niveaux d'azote dans les feuilles sont corrélés au niveau de biomasse et notamment à nouaison ( $R^2=0,66$ ). Cette corrélation positive des teneurs azotées avec l'indice de biomasse rejoint les résultats de la bibliographie et les résultats obtenus par Dauphin l'année précédente (cf. [Tableau 4](#)). On constate également que des différences statistiques sont ressorties avec des mesures de N-Tester croissantes avec le niveau de vigueur bien que des contradictions à l'échelle intra parcellaire soient observées (vigueur moyenne de VZY32, M2 moyen de la ST 13, VT54 forte en M1). Ces différences sont montrées dans le [tableau 13](#).

Aucune différence entre modalité d'enherbement n'a été mise en évidence d'un point de vue statistique si l'on considère les trois cépages confondus, tous stades phénologiques confondus. L'unique différence significative porte sur les modalités M0 et M2 pour les Meunier. Ce résultat semble être en contradiction avec la littérature qui montre un effet de la gestion de l'enherbement au vignoble avec des effets constatés dès l'année n sur la vigueur de la vigne dû à la concurrence en azote et en eau au niveau racinaire. Ce résultat est probablement lié au caractère exceptionnellement sec du millésime 2015. L'intégralité des

**Tableau 13 : Mesures moyennes de N-tester par parcelle en fonction des différentes modalités d'enherbement et classes de biomasse et vigueur.**

	M0			Total M0	M1			Total M1	M2			Total M2
	faible	moyen	fort		faible	moyen	fort		faible	moyen	fort	
<b>CH*</b>		<b>389</b>	<b>408</b>	<b>398</b>		<b>405</b>	<b>403</b>	<b>404</b>		<b>399</b>	<b>423</b>	<b>411</b>
VT54		389	408	398		405	403	404		399	423	411
<b>M*</b>	<b>328</b>	<b>391</b>	<b>429</b>	<b>373*</b>	<b>355</b>	<b>410</b>	<b>429</b>	<b>392</b>	<b>404</b>	<b>417</b>	<b>447</b>	<b>418</b>
ST13	362	390	429	396	356	402	429	396	440	430	447	439
VD06	307	392		339	354	418		386	368	405		386
<b>PN*</b>	<b>295</b>	<b>314</b>	<b>348</b>	<b>319</b>	<b>336</b>	<b>326</b>	<b>364</b>	<b>342</b>	<b>298</b>	<b>320</b>	<b>351</b>	<b>323</b>
AY05	267	303	313	294	299	298	330	309	257	259	298	271
BZ07	317	342	376	345	362	342	358	354	310	383	383	359
VZY32	303	296	355	318	348	340	403	364	328	318	371	339
<b>Total</b>	<b>308</b>	<b>352</b>	<b>376</b>	<b>346</b>	<b>343</b>	<b>367</b>	<b>385</b>	<b>365</b>	<b>340</b>	<b>366</b>	<b>384</b>	<b>364</b>

\* : Différence significative par le test de Kruskal-Wallis  $\alpha=5\%$  comparaison deux à deux réalisée avec le test des rangs de Wilcoxon ;  
M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin ; CH= Chardonnay ; M=Meunier, PN=Pinot noir



**Graphique 11 : Mesures de N-Tester à différents stades phénologiques**

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2, M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

modalités testées ont été précocement confrontées à une sécheresse, ce qui a pu gommer l'effet « enherbement », tant en termes de concurrence azotée, qu'hydrique. Toutefois, le **graphique 11** montre que la modalité M0 tend à rester en retrait par rapport aux deux autres. Ce « décrochage » semble se prononcer à partir du stade fermeture de la grappe et s'accroître d'autant plus entre nouaison et véraison. Les mesures au stade 7-10 feuilles, quasiment toutes égales, constituent un véritable « point 0 » et montrent bien que toutes les placettes débutent leur croissance végétative avec un potentiel azoté qui n'a pas encore été influencé par l'enherbement. En effet, la vigne est toujours en phase de restitution de ses réserves azotées vers ses organes puits et, à ce stade, même la classe la plus faible en vigueur dispose de suffisamment de réserves pour les alimenter. C'est à la véraison que la différence entre M0 et M1/M2 est la plus marquée. Ceci pourrait s'expliquer par le fait de la contrainte hydrique précoce qui aurait limité la minéralisation et serait devenu un facteur limitant pour la disponibilité de l'azote pour la vigne. De plus, le retrait de la modalité M0 semble s'affirmer à la période où l'absorption racinaire est maximale, et donc, plus fortement concurrencée par un enherbement dans tous les inter-rangs.

L'intégralité des classes de vigueur est concernée par cette tendance. La classe faible est celle la plus impactée par ceci : le ratio des mesures N-Tester entre M0 et la moyenne de M1 et M2 chute de 0,24 contre 0,06 pour la classe de vigueur moyenne et 0,05 pour la classe de vigueur forte (cf. **Tableau 14**). Une hypothèse qui peut être avancée est qu'en cas de contrainte azotée, les vignes faiblement vigoureuses ne disposeraient plus d'assez de réserves pour palier à la concurrence exercée par l'enherbement au niveau racinaire. Les vigueurs plus élevées « tamponneraient » mieux l'effet de la concurrence de l'enherbement pour l'azote.

## *ii) De la véraison à la vendange*

Les résultats présentés dans cette partie se baseront sur les valeurs de N-Tester à véraison, les analyses pétiolaires à véraison et les analyses de moûts à la vendange. Il est important de préciser que les valeurs obtenues à l'échelle du réseau global d'observation montrent des valeurs faibles pour chacun des indicateurs azotés mesurés.

Pour l'azote pétiolaire, les moyennes des teneurs de référence en Champagne sont comprises entre 0,5 et 0,8 % de M.S or la moyenne des échantillons se situe à 0,425 % de MS. En termes d'azote assimilable, les teneurs moyennes des essais ne représentent que 45% de l'apport recommandé (63,43mg/L). En effet, les teneurs en azote assimilable recommandées, de manière générale, pour un bon déroulement des fermentations est de 140mg d'azote assimilable/L dont 50 mg sous forme ammoniacale. L'azote ammoniacal, le plus facilement assimilable par les levures, représente plus de 47% de cet apport mais reste présent dans des proportions moitié moindres que celle préconisée.

Aucune donnée de référence pour les valeurs de N-Tester en Champagne n'a pu permettre la comparaison avec les valeurs obtenues.

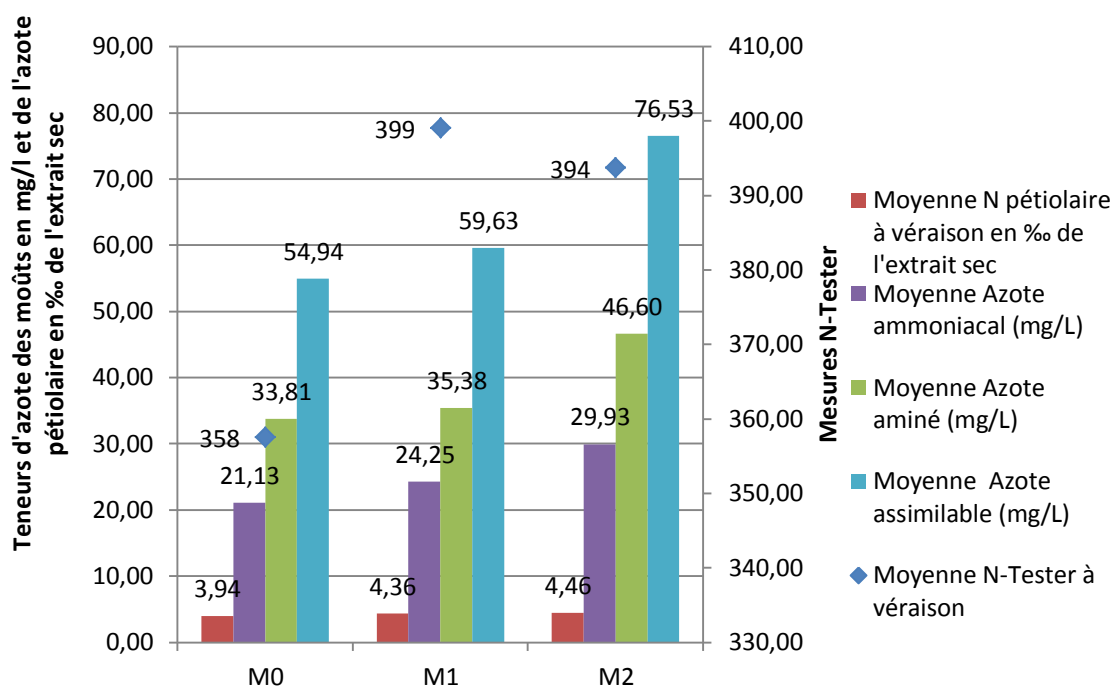
En outre, une valeur aberrante sur la modalité M2 classe moyenne de la parcelle VT54 a été supprimée de l'analyse.

A l'échelle du réseau global d'observation des parcelles, l'enherbement a montré une différence significative entre la modalité M0 et M2 pour les teneurs en azote pétiolaire à

**Tableau 14 : Calculs des ratios entre les mesures de N-Tester de la modalité M0 et la moyenne des modalités M1 et M2 pour les différentes classe de vigueur et leur variation entre les stades phénologiques 7/10 feuilles et véraison**

Stades phénologiques	Classe de vigueur et biomasse	Mesures N-Tester M0	Mesure N-Tester moyennée de M1 et M2	ratio M0/(M1+M2/2)	Δ entre stades phénologiques
7/10 feuilles	faible	265	261	1,02	
	moyenne	268	279,5	0,96	
	forte	288	286,5	1,01	
Véraison	faible	285	364	0,78	-0,24
	moyenne	362	403	0,90	-0,06
	forte	409	426,5	0,96	-0,05

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin



**Graphique 12 : Teneurs azotées en fonction des différentes modalités d'enherbement à l'échelle du réseau global d'observation**

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2, M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

**Tableau 15 : Calculs des ratios entre les mesures des paramètres azotés des modalités d'enherbement entre elles**

Paramètres azotés mesurés	Mesures moyennes par modalités			Ratio entre modalité d'enherbement		
	M0	M1	M2	M0/M1	M0/M2	M1/M2
N-Tester	358,00	399,00	394,00	0,90	0,91	1,01
Azote assimilable (mg/L)	54,94	59,63	76,53	0,92	0,72	0,78
Azote aminé (mg/L)	33,81	35,38	46,60	0,96	0,73	0,76
Azote ammoniacal (mg/L)	21,13	24,25	29,93	0,87	0,71	0,81
Azote pétiolaire (% de MS)	3,94	4,38	4,46	0,90	0,88	0,98
<b>ratio global entre modalité</b>				<b>0,91</b>	<b>0,79</b>	<b>0,87</b>

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

véraison. Aucune autre différence significative n'est ressortie de l'analyse statistique des données pour les autres paramètres azotés.

Si aucune différence statistique ne permet d'affirmer clairement des différences entre les modalités d'enherbement, une tendance semble se dégager : le témoin M0 reste en retrait par rapport aux deux autres modalités pour tous les paramètres azotés (cf. Graphique 12). Les ratios ont été calculés et confirment cette observation graphique (cf. Tableau 15). Cette tendance semble également se confirmer au sein des différentes classes de vigueur, exception faite pour la M0 moyenne, plus forte pour les teneurs azotées des moûts (cf. Graphique 13). D'après ce graphique, il est difficile de conclure sur un quelconque comportement pour la modalité M1 en fonction des classes de vigueurs. La modalité M2 ressort comme étant globalement bonne (valeurs les plus fortes ou intermédiaires), quelque soit la classe de vigueur et sur plusieurs indicateurs.

A l'échelle de l'analyse inter-parcellaire, la seule valeur pour laquelle la modalité M0 ressort comme étant la plus forte est celle sur la parcelle VD 06 pour les teneurs d'azote assimilable des moûts. La modalité M1 ressort comme étant la meilleure modalité pour toutes les parcelles de Pinots et la modalité M2 pour toutes les parcelles de Meunier et Chardonnay (cf. Annexes V).

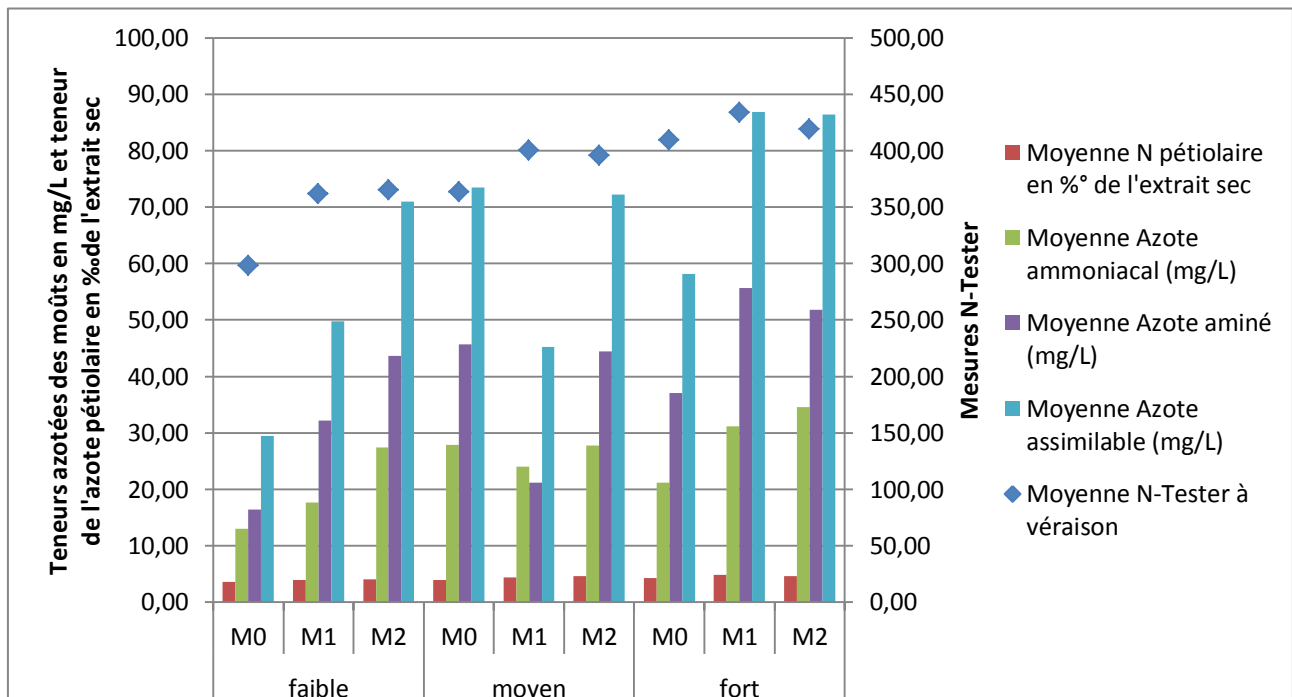
Une concurrence azotée potentiellement plus forte de l'enherbement tous les inter-rangs pourrait expliquer les mesures plus faibles constatées à l'échelle globale du réseau de parcelles les différents paramètres suivis. Au vu de la proximité des deux autres modalités d'enherbement et des aléas dans la mise en place des temps d'arrêts de désherbage, il est difficile de réellement tirer de conclusions quant à la différence entre les modalités M1 et M2. Si M2 semble globalement meilleure, cette tendance devra être confirmée lors des prochaines années d'expérimentation. Des différences plus nettes pourraient être observées avec une application plus précise des protocoles de désherbage et lors de millésimes plus pluvieux. La contrainte hydrique ne serait pas le facteur limitant à la nutrition azotée de la vigne et permettrait également des conditions plus favorables à la minéralisation de l'azote. Sa disponibilité pour la vigne serait donc davantage fonction de la modalité d'enherbement.

Enfin, une étude de corrélation a montré des niveaux de corrélation intéressants entre les analyses d'azote pétiolaire, azote assimilable des moûts, et valeurs de N-tester à véraison. La matrice de corrélation (cf. Figure 17) montre une corrélation d'environ 0.7 entre les valeurs d'azotes pétiolaires mesurées et celles du N-Tester, une corrélation de 0.6 entre N-Tester et azote assimilable des moûts et enfin une corrélation de 0.59 entre azote pétiolaire et azote assimilable des moûts. La dynamique des différences statistiquement observées entre M0 et M2 pour l'azote pétiolaire pour cette année pourrait l'être également sur celles de l'azote assimilable des moûts pour les prochaines années d'expérimentation. Une corrélation plus forte entre azote pétiolaire et azote assimilable des moûts aurait éventuellement pu permettre de piloter des applications correctives d'azote foliaire pour anticiper des carences azotées aux niveaux des moûts.

## *ii. Résultats issus des analyses pétiolaires : les autres éléments majeurs*

Les teneurs en phosphore sont élevées pour toutes les modalités et parcelles (3,7 ‰ de l'extrait sec). En effet, celles conseillées sur analyses pétiolaires en Champagne sont comprises





Graphique 13 : Teneurs azotées en fonction des modalités par classes de vigueur et biomasse

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

	Azote assimilable	AZOTE pétiolaire	N_Tester
Azote assimilable	1.0000000	0.5939706	0.6063647
AZOTE pétiolaire	0.5939706	1.0000000	0.6979777
N_Tester	0.6063647	0.6979777	1.0000000

Figure 17 : Matrice de corrélation des différentes teneurs azotées des feuilles (N-tester à véraison), des pétioles (analyses pétiolaires à véraison) et de l'azote assimilable des moûts (vendange)

**Interprétation potassium et magnésium, d'après le guide pratique du CIVC**

Analyse pétiolaire			Analyse de sol PG = 41 B		
K/Mg	K %o ms	Mg %o ms	K/CEC %	K/Mg	Apport de potasse ou magnésie
< 3			< 4		Correction potassique
			Entre 4 et 8		Entretien potassique
			> 8		Aucun apport
Entre 3 et 8	> 20	> 5,5			Aucun apport
	< 20	> 5,5			Entretien potassique
	> 20	< 5,5			Entretien magnésien
	< 20	< 5,5			Entretien potassique et magnésien
> ou = à 8					Entretien magnésien
				Entre 0,4 et 1	Apport foliaire Mg + fumure Mg à 500 kg/ha
				> 1	Apport foliaire Mg + fumure Mg à raisonner sur 3 ans

Azote			Phosphore		
	Organe	Norme		Organe	Norme
INRA Bdx	F	1.8 à 2.2	INRA Bdx	F	0.14 à 0.18
Cognac	F	2.25 à 2.75	Cognac	F	0.17 à 0.22
Champagne	L	2.6 à 2.7	INRA Bdx	L	0.14 à 0.18
INRA Bdx	L	1.9 à 2.3	Champagne	P	0.12 à 0.18
LCA	L	1.8 à 2.4	INRA Bdx	P	0.10 à 0.18
Champagne	P	0.5 à 0.8	CA 33	P	0.12 à 0.18
INRA Bdx	P	0.4 à 0.6	Côtes du Rhône	P	0.10 à 0.35
CA 33	P	0.4 à 0.6			

Figure 18 : Tableau d'interprétation des analyses pétiolaire, normes champenoises, source : communication personnelle d'Olivier Garcia, CIVC

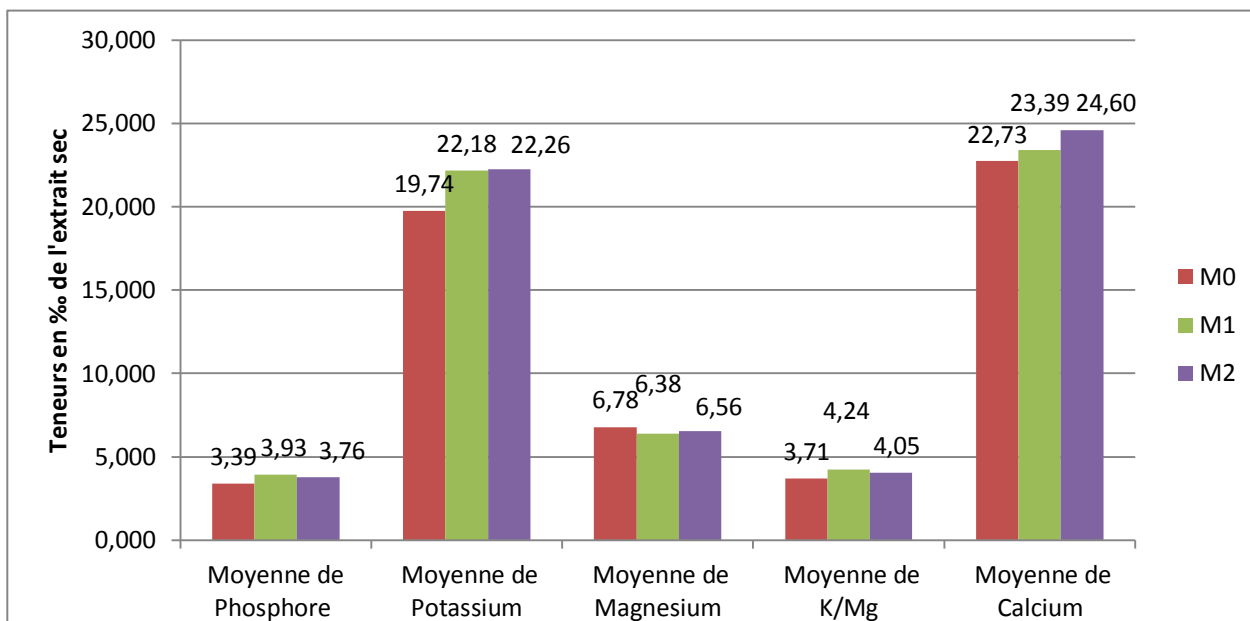
entre 0,1 et 0,18% de MS. Ceci peut être dû à la nature des sols qui pour toutes les parcelles sont au-dessus des teneurs souhaitables comprises entre 0,05 et 0,2 ‰ de la CEC (moyenne sur le réseau de parcelles de 0,527‰ de la CEC). L'historique champenois de fertilisation phosphatée dont les apports ont été réduits par 10 entre 1980 et les années 2000 (Descôtes A. et Moncomble D, 2013) pourrait expliquer ce fait. Par ailleurs, le phosphore est un élément peu soluble, et qu'il l'est d'autant plus dans les sols calcaires (phosphate tricalcique), comme les sols champenois. A ce jour, aucune des essais n'a permis de mettre en avant d'effets notables sur le végétal. La très grande majorité des sols offrent des teneurs en phosphore assimilable suffisantes. Par ailleurs, les engrais phosphatés sont source de pollution. Les teneurs en calcium sont-elles également dans les normes attendues pour des analyses pétiolaires.

Du fait de l'antagonisme du potassium et du magnésium dans l'assimilation par la plante, ces teneurs seront davantage appréciées par le rapport K/Mg. Plus que les concentrations prises séparément, le rapport K/Mg, lui significativement différent, reflète davantage l'équilibre nutritionnel de la vigne (cf. Figure 18).

A l'échelle du réseau d'observation des parcelles dans son intégralité, aucune différence réellement significative n'a pu être mise en avant en fonction des modalités d'enherbement et ceci pour tous les paramètres mesurés. Seule une tendance peut être mise en avant avec des valeurs pour M0 toujours inférieures aux deux autres modalités, à l'exception des teneurs en magnésium (cf. Graphique 14). Ceci rejoint le constat sur les résultats de la nutrition azotée de la vigne présentés ci-dessus.

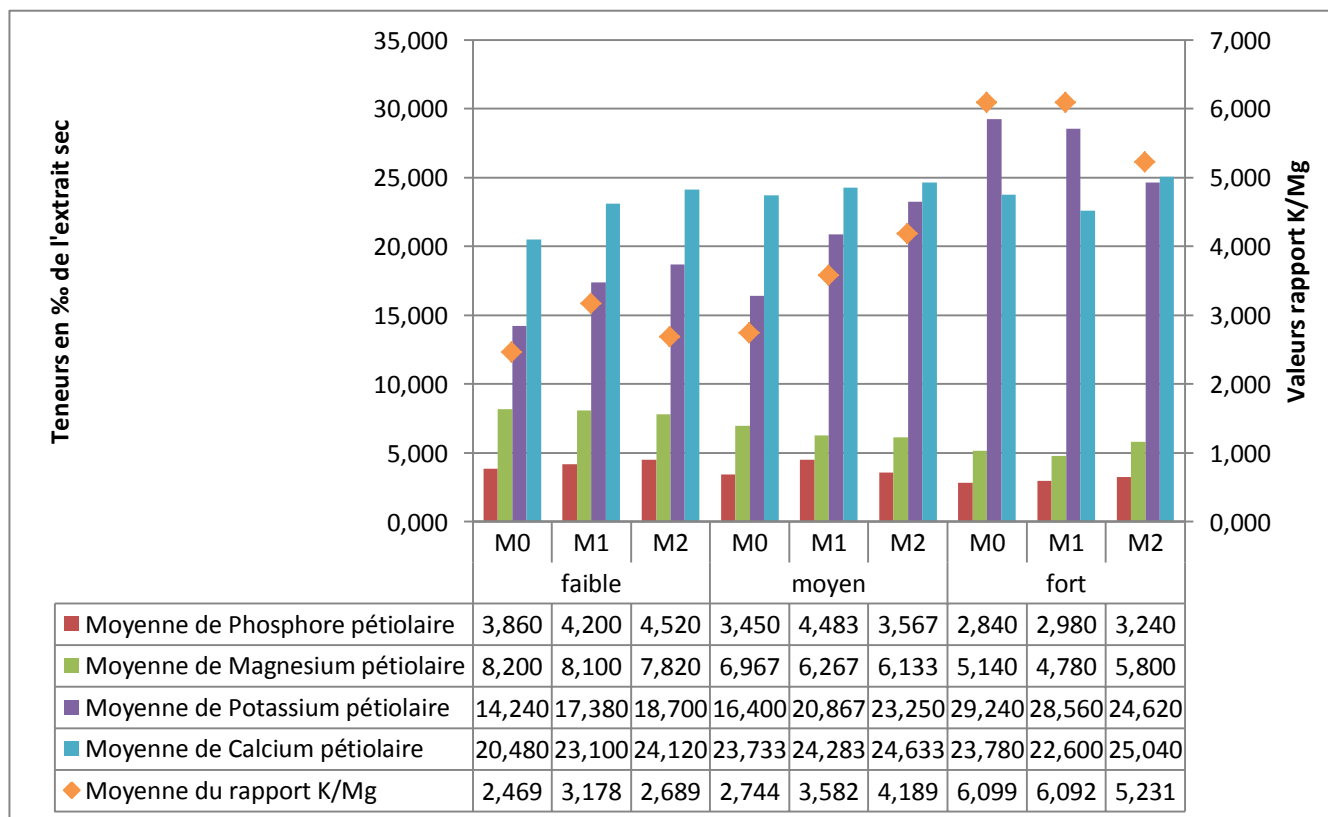
Pour l'intégralité des parcelles la modalité M0 présente des teneurs en phosphore moindres. Néanmoins des fortes concentrations sont observées pour toutes les placettes d'observation et ne permettent pas de pouvoir distinguer de tendance pour cet élément.

Concernant le rapport K/Mg, comme sur l'azote pétiolaire, la modalité M1 ressort plus forte pour les Pinot et la M2 pour les Chardonnay et Meunier. Étant donné qu'il s'agit d'une mesure « d'équilibre » la valeur la plus forte ne reflète pas forcément un optimum recherché (par exemple, M2 des Chardonnay présentant un rapport pouvant traduire d'une carence en magnésium). La modalité M0 est celle qui présente le rapport le plus déséquilibré, avec un rapport K/Mg inférieur à 4. Ceci est dû au fait que cette modalité présente les teneurs en magnésium les plus élevées et celles en potassium les plus faibles des trois modalités. Cette différence liée à l'enherbement sur tous les inter-rangs pourrait en partie être due aux prélèvements de potassium plus importants en surface et par un assèchement plus rapide des sols (horizons profonds moins riches en potassium). Du fait de son antagonisme avec le potassium, le prélèvement moindre de cet élément s'accompagnerait d'une absorption supérieure en magnésium par la plante. De plus, un effet concentration des sols viendrait s'ajouter à ceci. En effet, de fortes teneurs en magnésium des sols ont été constatées à l'échelle inter-parcellaire. Les analyses de sol de la parcelle VD06 et de ST13 de 2014 montrent une valeur moyenne de magnésium dans les sols de 19% de la CEC, teneurs excessives, et de potassium de 7%, valeur jugée souhaitable. Ce résultat se confirme au niveau



**Graphique 14 : Teneurs en éléments minéraux et rapport K/Mg issu des analyses pétiolaires à véraison des différentes modalités d'enherbement à l'échelle du réseau global d'observation**

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin



**Graphique 15 : Teneurs en éléments minéraux issues des analyses pétiolaires à véraison en fonction des modalités d'enherbement par classe de vigueur et biomasse à l'échelle du réseau global d'observation**

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

pétiolaire. Toutes deux présentent des teneurs en magnésium extrêmes pour toutes leurs modalités, la M0 restant la plus élevée. Il en résulte pour ces deux parcelles un déséquilibre nutritionnel, confirmé par un rapport K/Mg anormalement faible.

On constate également que le plus fort déséquilibre de la modalité M0 se retrouve pour l'intégralité des classes de vigueur et biomasse, excepté pour la classe forte (cf. **Graphique 15**) (ratio de 0.84 pour la classe faible et de 1 pour la classe forte). Globalement, le déséquilibre nutritionnel tend à s'accroître avec la baisse de vigueur, entraînant des rapports K/Mg faibles pour les vigueurs les plus basses.

A l'inverse la parcelle de VT54 présente elle des valeurs élevées pour l'intégralité de ses paramètres mesurés. Il semble donc important de pondérer les commentaires ci-dessus au vu des caractères extrêmes de ces parcelles qui pourraient venir biaiser le véritable effet des modalités d'enherbement sur le fonctionnement nutritionnel de la vigne.

En conclusion de ces premiers résultats, aucune différence significative n'a permis de réellement discriminer une modalité d'enherbement par rapport à une autre. Cependant une tendance se dessine : la modalité M0 semble rester en retrait par rapport aux deux autres modalités. Cette tendance serait en accord avec la bibliographie selon laquelle la concurrence de la culture intercalaire viendrait impacter la nutrition minérale de la vigne. Cette concurrence pourrait s'exprimer à la fois en termes de prélèvements accrus en éléments minéraux et par l'effet de l'enherbement sur la distribution racinaire de la vigne en profondeur, vers des horizons moins riches en éléments minéraux. Cependant le fait que les inter-rangs non enherbés des deux autres modalités soient entretenus par un travail mécanique du sol limite cette explication racinaire (racines superficielles impactées par le travail mécanique). A ceci s'ajoute le fait que l'apparition d'une contrainte hydrique précoce (cf. **Figure 19**) a pu limiter, d'une part la minéralisation des amendements organiques et d'autre part, la disponibilité et l'absorption des minéraux par la vigne. La contrainte hydrique apparaissant plus précocement sur les sols enherbés ces derniers ont été impactés plus tôt dans le cycle de croissance et plus fortement.

### *c) Les résultats des suivis qualitatifs et quantitatifs, de la vigne à la récolte.*

#### *i. Le suivi des maladies cryptogamiques*

Comme détaillé dans le 3.a), les conditions climatiques ont davantage été favorables à une forte pression d'oïdium que de mildiou. Ceci a été confirmé par les observations sur le terrain : aucune placette suivie n'a été touchée par une attaque de mildiou. Les comptages sur feuilles (de fin mai à la fin juin) ont montrés des attaques d'oïdium sur deux des six parcelles : les parcelles AY05 (apparition semaine 23) et VT54 (apparition semaine 24). Les

observations sur grappes (débutées semaine 27) effectuées jusqu'à pré-véraison ont donnés des résultats similaires : quatre des six parcelles ont été concernées par les contaminations (AY05, VT54, VZY32, VD06). Dans les deux cas, les fréquences et intensités observées étaient très faibles et n'ont pas été considérées comme problématique à l'échelle

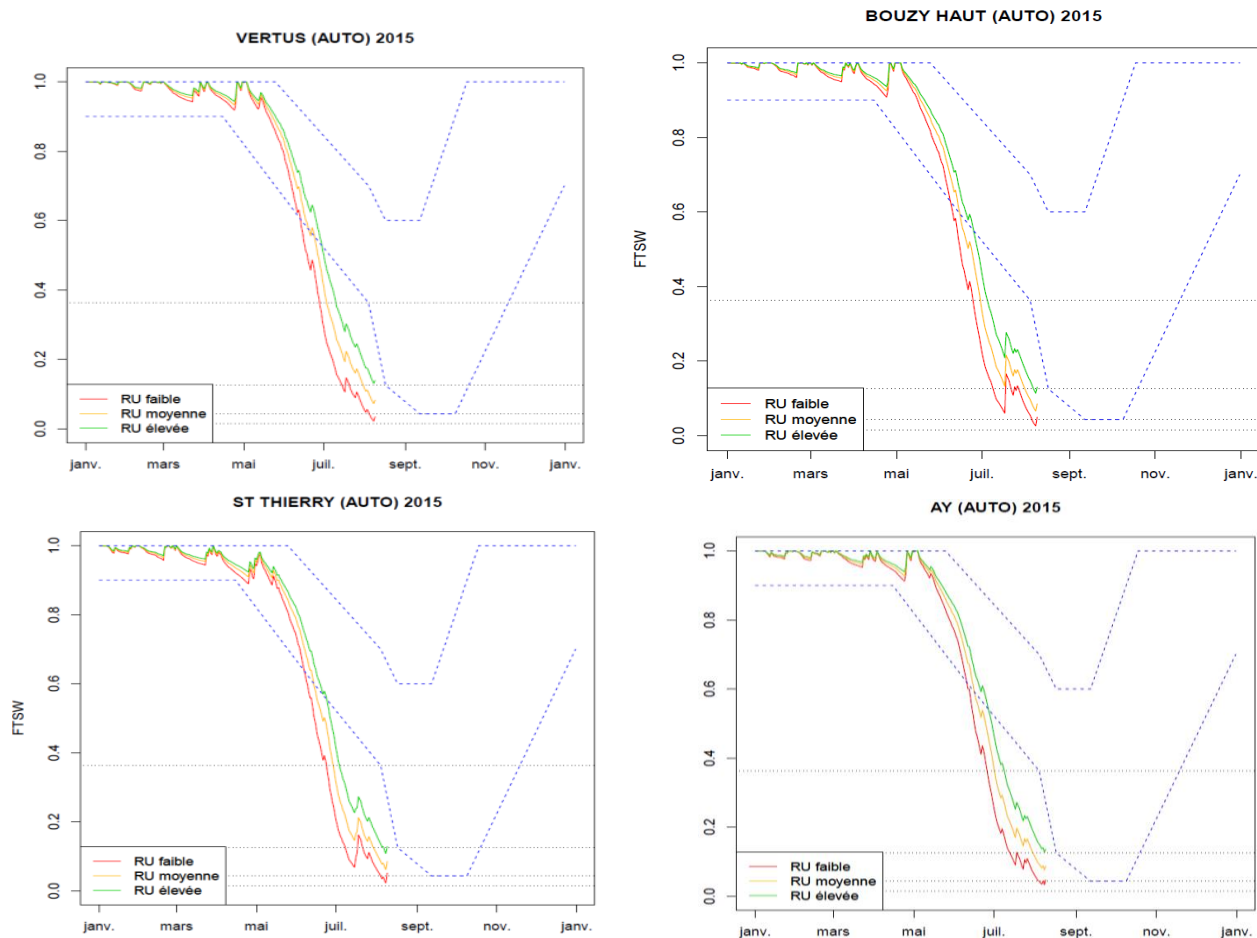
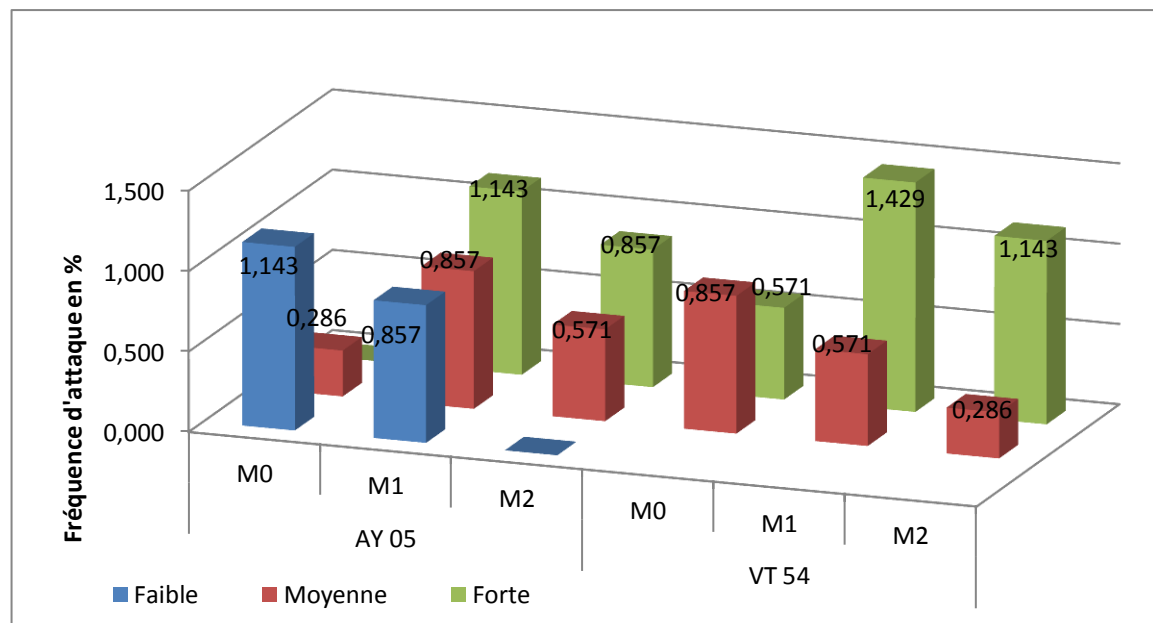


Figure 19 : Exemple de l'évolution du profil hydrique des sols sur différents terroirs du réseau d'observation, source : météos des sols du CIVC.

Contrainte hydrique sévère exercée lors du dépassement des lignes en pointillés



Graphique 16 : Fréquence moyenne en % de l'attaque d'oïdium sur feuille par placette

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

d'un vignoble en production. La protection phytosanitaire exercée tout au long de la campagne a permis de faire face à la forte pression d'oïdium. Aucune différence significative n'a été observée ni en fonction du type d'enherbement ni des classes de vigueur et ceci pour les trois cépages confondus et pris séparément (cf. Graphique 16).

En ce qui concerne la pression de botrytis sur grappe à la vendange, les observations n'ont montrée, en termes de fréquence, aucune différence significative pour les classes de vigueur et les modalités d'enherbement à l'échelle du réseau de parcelles d'observation.

Pour l'enherbement, la modalité M0 tend toutefois à être légèrement plus saine et, en termes de vigueur, la classe moyenne légèrement plus impactée. A classe de vigueur identique, la modalité témoin M0 est toujours plus saine que les deux autres, excepté pour modalité la M1, placette faible (cf. valeur orange Tableau 16). En raison des faibles intensités et fréquences observées pour ce millésime, des conclusions plus poussées ne peuvent être réellement avancées. Plus précisément, ce constat est observé également à l'échelle inter-parcellaire excepté pour la parcelle VT54 et pour ST13 où elle arrive en seconde position. (cf. valeurs en rouge du Tableau 16). De plus, on constate que les fréquences d'attaques sont croissantes avec le gradient de vigueur inter-parcellaire pour un même cépage.

En outre, une différence est ressortie comme significative pour le croisement des valeurs enherbement \*cépage. En effet, la modalité M2 des Meunier ressort comme significativement différente de celle M0 des Pinot. Ceci est le fait de la forte attaque de botrytis observée sur la modalité M2 de la parcelle ST13 (cf. valeurs surlignées Tableau 16). L'intensité des attaques montre la même dynamique que la fréquence avec la modalité M2 des Meunier qui se détache des autres du fait de cette forte attaque localisée dans la parcelle ST13. La plus forte fréquence observée sur la parcelle ST13 dans sa globalité peut s'expliquer en partie du fait qu'il s'agit de l'unique parcelle faisant l'objet d'une stratégie de couverture bio. Elle n'a par conséquent reçu aucun des traitements anti-botrytis positionnés pour l'intégralité des autres parcelles suivies.

Une étude de corrélation entre fréquence et intensité des attaques de botrytis montre par ailleurs que ces dernières sont respectivement corrélées à hauteur de 0,63 et 0,49 avec le rendement et à 0,56 et 0,46 avec le poids des grappes (cf. Figure 20). Bien que la corrélation reste moyenne et à confirmer, cette tendance rejoint la bibliographie selon laquelle la compacité des grappes et la vigueur participeraient à créer des microclimats au niveau des grappes favorables au développement du botrytis. Par ailleurs, la corrélation relativement importante de l'intensité et la fréquence des attaques de botrytis avec les taux d'azote que l'on retrouve dans les moûts (et notamment l'azote ammoniacal) rejoint également la littérature (cf. 1. b i.) (cf. Figure 21). Ces résultats viendraient alors conforter un avantage sanitaire pour la modalité M0. En effet, celle-ci présente des teneurs azotées des moûts et des poids de grappes globalement inférieurs aux modalités M1 et M2 (cf 3.c.ii).

## *ii. Suivi des composantes du rendement et de qualité de la vendange*

### **• Quantité de vendange**

L'estimation précoce de la quantité de vendange par le comptage d'inflorescences n'a pas permis de mettre en évidence des différences significatives entre les modalités

Tableau 16: Fréquence de botrytis en % à la vendange en fonction des modalités à l'échelle parcellaire d'observation

Enherbement	Classe	AY05	BZ07	VZY32	VD06	ST13	VT54	Total général
<b>M0</b>	Faible	0,00	4,00	2,00	0,00	18,00		4,00
	Moyenne	0,00	0,00	0,00	6,00	22,00	6,00	4,25
	Forte	0,00	0,00	0,00		10,00	8,00	2,89
<b>Total M0</b>		<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	<b>3,00</b>	<b>16,67</b>	<b>7,33</b>	<b>3,65</b>
<b>M1</b>	Faible	0,00	2,00	10,00	2,00	8,00		3,67
	Moyenne	0,00	10,00	14,00	24,00	8,00	0,00	8,00
	Forte	0,00	6,00	10,00		18,00	12,00	7,67
<b>Total M1</b>		<b>0,00</b>	<b>6,00</b>	<b>11,33</b>	<b>13,00</b>	<b>11,33</b>	<b>6,00</b>	<b>6,53</b>
<b>M2</b>	Faible	0,00	10,00	4,00	8,00	30,00		8,67
	Moyenne	0,00	0,00	4,00	8,00	50,00	0,00	8,86
	Forte	0,00	8,00	8,00		50,00	6,00	12,00
<b>Total M2</b>		<b>0,00</b>	<b>6,00</b>	<b>5,33</b>	<b>8,00</b>	<b>43,33*</b>	<b>3,00</b>	<b>9,79</b>
<b>Total général de la fréquence parcellaire</b>		<b>0,00</b>	<b>4,00</b>	<b>5,78</b>	<b>8,00</b>	<b>23,78</b>	<b>5,71</b>	<b>6,46</b>

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

	Fréquence_Botrytis	Intensité_Botrytis
Fréquence_Botrytis	1.0000000	0.9262726
Intensité_Botrytis	0.9262726	1.0000000
Nombre_de_grappes_par_pied	0.3277939	0.2068283
Poids_moyennengGrappe	0.5637156	0.4589196
rendementtha	0.6286714	0.4918872

Figure 20 : Matrice de corrélation de la fréquence et de l'intensité moyennes des attaques de botrytis avec les composantes du rendement et le rendement par hectare à l'échelle du réseau global d'observation

	Azoteamine	Azoteammoniacal	Azoteassimilable
Azoteamine	1.0000000	0.7269759	0.9710321
Azoteammoniacal	0.7269759	1.0000000	0.8699944
Azoteassimilable	0.9710321	0.8699944	1.0000000
AZOTEpetiole	0.5741569	0.5221317	0.5939706
Frequence_Botrytis	0.5334490	0.7499979	0.6440343
Intensite_Botrytis	0.4551332	0.6407364	0.5497778
N_Tester	0.5245151	0.6601823	0.6063647

Figure 21 : Matrice de corrélation de la fréquence et de l'intensité moyennes des attaques de botrytis avec les teneurs azotées des moûts à l'échelle du réseau global d'observation

d'enherbement. Ceci s'explique par le fait que le nombre d'inflorescence est un paramètre moins impacté par l'enherbement dans la mesure le potentiel d'inflorescence a été fixé lors de l'induction florale de la campagne 2014. L'effet de la classe de vigueur a permis de mettre en évidence des différences significatives les classes « forte et faible ». Ceci est lié au fait que, lors de la taille, le vigneron ajuste de façon empirique le nombre de bourgeons (et donc le nombre potentiel d'inflorescence) à la vigueur de la souche. Ces deux phénomènes expliquent donc la proximité du nombre d'inflorescence dénombré au sein d'une même classe de vigueur et entre modalités d'enherbement.

Ces dénombrements ont ensuite été couplés aux résultats de pesées des poids de grappes moyens à la vendange, variable pouvant être potentiellement influencée par l'enherbement. D'un point de vu statistique, aucune différence significative n'a été mis en avant ni pour l'enherbement, ni pour l'effet vigueur à l'échelle du réseau parcellaire d'observation.

Si aucune conclusion statistique n'a pu être tirée de l'effet de l'enherbement sur le poids des grappes ou sur le rendement, une tendance se dégage toutefois à l'échelle du réseau de parcelles: les modalités M2 et M1 présentent des poids moyen de grappes légèrement supérieurs. Ceci est dû au poids de grappes supérieurs pour les Meunier en M2. La modalité M0 apparaît encore une fois comme celle présentant les poids de grappes les plus faibles en moyenne. Ceci est le fait d'un poids de grappe bien plus faible pour la modalité M0, placette de vigueur faible. Si l'on considère une densité de plantation moyenne de 8000 pieds par hectare en moyenne sur la région champenoise, cela impacte de façon relativement conséquente le rendement hectare (à hauteur d'environ 7% au total par rapport aux deux autres modalités, (cf. les totaux en rouge dans le tableau 17). En conséquence, il en ressort également pour le rendement par hectare, que ce sont les classes faibles les plus impactées par cet effet enherbement (environ -30% entre M0 et M1/ M2). Pour les classes de vigueur moyenne et forte, les différences avec les autres modalités d'enherbement sont tamponnées avec des poids de grappes intermédiaires et un nombre de grappes similaires. Cette constatation fait échos aux résultats N-Tester qui présentaient une dynamique similaire pour les placettes M0 de faible vigueur ou bien encore à l'analyse portée sur l'équilibre nutritionnel des plants. Bien qu'aucune différence statistique ne soit ressortie pour l'effet des classes de vigueur, les analyses graphiques sur le rendement montre une tendance à l'augmentation avec le niveau de vigueur, excepté pour la modalité M2 moyenne qui présente un nombre d'inflorescences et un poids de grappe moindre que la classe de vigueur faible.

- **Qualité aromatique analysée par dégustation de baies**

Pour la suite de cette partie il convient de préciser en préambule que la parcelle ST13 a été supprimée des résultats car la dégustation a montré des échantillons trop altérés par la déviance organoleptiques générée par le botrytis et parce qu'un échantillon n'a pas été prélevé.

A l'échelle du réseau global d'observation, l'analyse statistique n'a pas permis de mettre en évidence une quelconque différence liée aux modalités d'enherbement pour chacun des trois critères évalués. Un léger désavantage semble se dessiner pour la modalité M0,



Tableau 17 : Composante du rendement et rendement à l'hectare en fonction des modalités d'enherbement et des classes de vigueur et biomasse

	Moyenne de Nombre moyen de grappes par pied			Moyenne de Poids moyen en g/Grappe			Moyenne de rendement à l'hectare en g		
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2
faible	10,79	10,59	10,66	77,47	104,84	102,52	6 432 416	8 886 662	9 063 883
moyen	11,43	11,47	10,98	100,81	104,25	87,94	9 057 892	9 669 832	8 186 603
fort	12,73	12,19	12,45	104,46	97,15	125,36	10 672 202	9 657 268	12 167 321
<b>Total</b>	<b>11,63</b>	<b>11,42</b>	<b>11,34</b>	<b>94,66</b>	<b>102,22</b>	<b>104,19</b>	<b>8 741 902</b>	<b>9 421 165</b>	<b>9 704 727</b>

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

Tableau 18 : Notes issues des dégustations de baies par parcelle et cépage en fonction des différentes modalités d'enherbement

	Moyenne d'intensité chair			Moyenne d'intensité arôme pellicule			Moyenne de Note		
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2
<b>CH</b>	<b>9,375</b>	<b>9,938</b>	<b>10,625</b>	<b>6,625</b>	<b>5,500</b>	<b>5,938</b>	<b>9,375</b>	<b>9,313</b>	<b>9,313</b>
VT54	9,375	9,938	10,625	6,625	5,500	5,938	9,375	9,313	9,313
<b>M</b>	<b>6,375</b>	<b>7,000</b>	<b>6,375</b>	<b>4,313</b>	<b>4,813</b>	<b>4,938</b>	<b>8,375</b>	<b>8,625</b>	<b>9,063</b>
VD06	6,375	7,000	6,375	4,313	4,813	4,938	8,375	8,625	9,063
<b>PN</b>	<b>5,783</b>	<b>6,417</b>	<b>6,483</b>	<b>4,300</b>	<b>4,500</b>	<b>4,250</b>	<b>8,633</b>	<b>9,100</b>	<b>9,000</b>
AY05	6,389	6,556	7,667	4,389	4,611	4,444	9,000	9,056	8,889
BZ07	5,792	6,500	5,833	4,167	4,667	4,083	8,500	9,333	9,083
VZY32	5,167	6,167	6,167	4,389	4,167	4,278	8,444	8,833	9,000
<b>Total</b>	<b>6,511</b>	<b>7,130</b>	<b>7,185</b>	<b>4,707</b>	<b>4,728</b>	<b>4,663</b>	<b>8,717</b>	<b>9,054</b>	<b>9,065</b>

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin

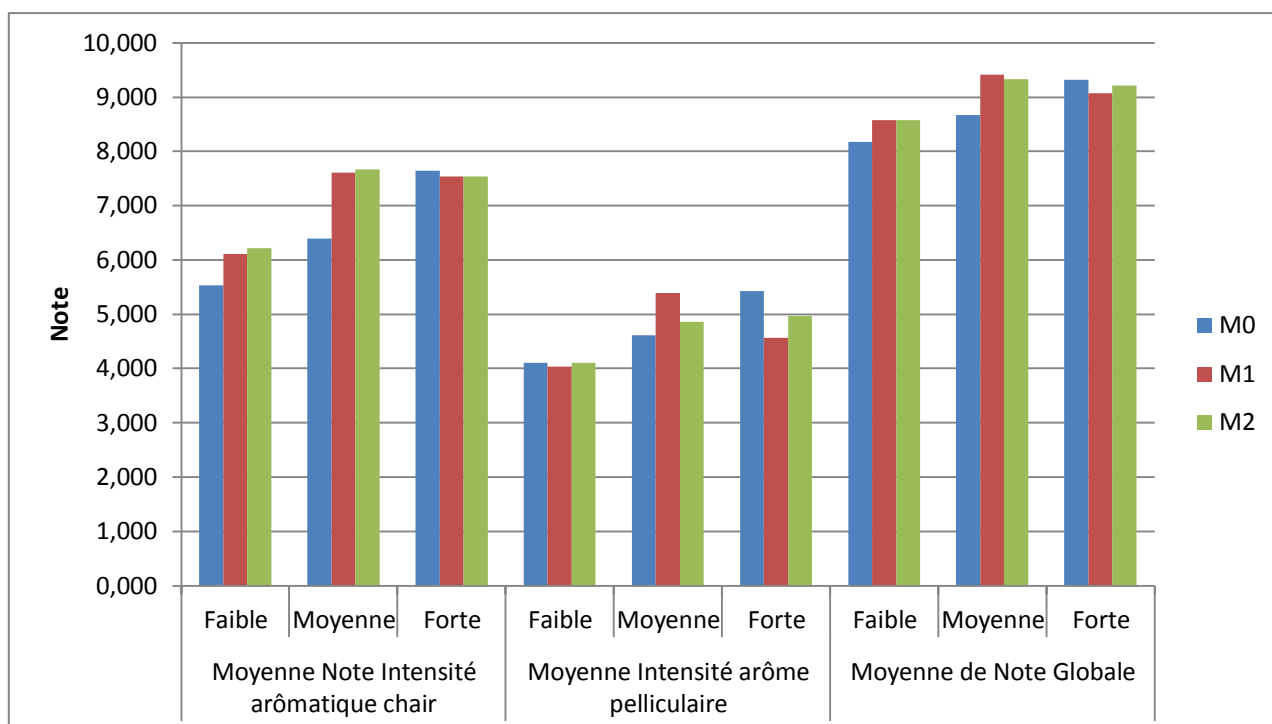
principalement lié à une intensité aromatique de la pulpe et une note globale en retrait par rapport à celle des deux autres modalités, notamment la modalité M2. Si cette dernière reste en retrait à l'échelle de réseau global d'observation, il est cependant difficile de tirer des conclusions quant à la meilleure modalité à appliquer en fonction des cépages car aucune tendance de ne détache (cf. [Tableau 18](#)).

Ces propos sont à nuancer si l'on rajoute à cette analyse l'impact de la vigueur (cf. [Graphique 17](#)). En effet, si la modalité M0 semble obtenir de moins bonnes notes pour les classes de vigueur faibles et moyennes pour tous les paramètres, ces résultats s'inversent avec la modalité forte. Ce résultat est porté par la parcelle VT54 qui présente les meilleurs résultats pour la modalité M0. On constate par ailleurs que les placettes faibles présentent toujours des notes plus basses que celle des autres classes de vigueurs.

Néanmoins, à l'échelle du gradient de vigueur inter-parcellaire des Pinot, les notes attribuées sont décroissantes avec l'augmentation de la vigueur. En effet, AY05 montre de meilleures notations pour les trois critères que BZ07 et VZY32.

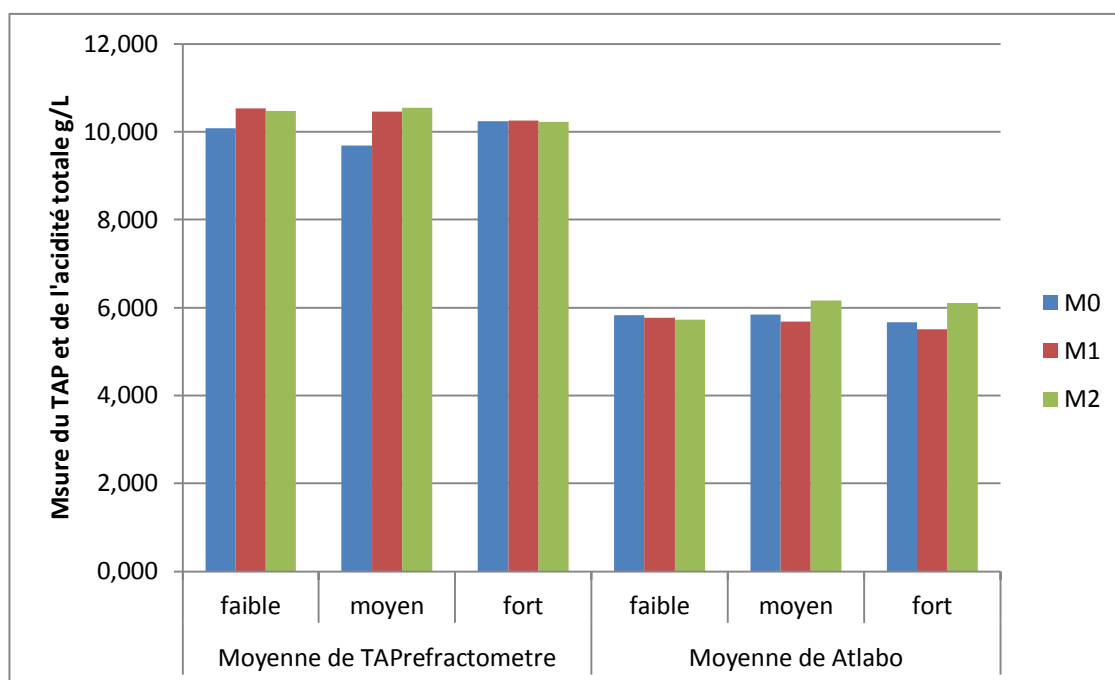
Pour la parcelle VT54, les grilles de dégustation ne sont pas exactement identiques à celles des autres cépages. L'expertise acquise depuis plusieurs années dans la de dégustation de baies par la Maison Veuve Clicquot a montré que, d'un point de vue de l'équilibre organoleptique, le Chardonnay tend à basculer rapidement vers une surmaturité provoquant une perte d'acidité et de fraîcheur. Une production d'acides organiques rallongée et un retard de maturité (donc potentiellement une vigueur plus forte selon la littérature) pourrait permettre de conserver un équilibre apprécié pour ce cépage. Cette expertise conforte le résultat obtenu pour la parcelle VT54, qui offre les meilleurs résultats pour sa vigueur forte en modalité M0. A l'inverse, sur le Pinot et Meunier, le gain en maturité s'accompagne d'une perte d'acidité souhaitée afin de supprimer le caractère végétal des baies et développer des notes fruitées à confiturées.

En ce qui concerne la composante pelliculaire, le Chardonnay présente des dynamiques d'évolution plus précoce sur le caractère aromatique de la pellicule et sur sa finesse que pour les deux autres cépages. Ce critère intervenant également dans la note globale d'appréciation de l'échantillon, ceci explique également des notes plus élevées. L'importance de l'appréciation pelliculaire dans la notation globale a été confirmée par une étude de corrélation qui a montré que la note globale est davantage portée par la note attribuée à l'intensité aromatique de la pellicule que celle de la pulpe (0,62 contre une corrélation de 0,54). En effet, cette année, l'intégralité des dégustateurs ont perçu un décalage marqué entre l'évolution des notes aromatiques de la pulpe et celles des pellicules. Ces dernières ont eu du mal à évoluer d'un point de vue aromatique et à s'affiner, créant un contraste par rapport à une pulpe jugée fruitée pour la quasi intégralité des échantillons. L'appréciation des pellicules donc est souvent venue contrebalancer les notes de la pulpe dans les notes d'appréciation globale attribuées. Néanmoins, les niveaux de maturités standards attendus en Champagne ont été atteints pour l'intégralité des échantillons ce qui peut expliquer que globalement les écarts restent faibles entre chaque modalité ;



Graphique 17 : Moyennes des notes attribuées à la dégustation de baies en fonction des modalités d'enherbement et classes de vigueur à l'échelle globale du réseau d'observation

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin



Graphique 18 : Titre Alcoométrique Potentiel et Acidité Totale en fonction des différentes modalités d'enherbement et classes de vigueur et biomasse à l'échelle du réseau global d'observation

- **Qualité analytique de la vendange : les analyses sur moût**

Les analyses sur moûts à la vendange n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque différence en termes d'acidité totale ni même de TAP entre stratégie d'enherbement, entre classe de vigueur, entre cépage, et ceci aussi bien à l'échelle du réseau global d'observation des parcelles qu'à l'échelle intra-parcellaire.

Les modalités M0 sont globalement inférieures à l'échelle du réseau de parcelles pour les mesures de TAP, avec 0,4 degrés alcoolique probable de différence avec les modalités M1 et M2. La classe faible ne semble pas plus impactée pour ce paramètre par la modalité M0 que les autres classes de vigueur (mesure de la classe moyenne inférieure). La classe forte montre des résultats identiques aux deux autres modalités (cf. [Graphique 18](#)).

En ce qui concerne les mesures d'acidité totale, la modalité M1 est celle qui présente les valeurs les plus faibles. Encore une fois toutes ces valeurs restent similaires et il est donc difficile de sortir une tendance globale pour ces paramètres.

Le millésime 2015, a été marqué par une phase de maturation rapide avec une augmentation du TAP élevée et rapide, par des acidités faibles par rapport à un millésime dans la normale champenoise (cf .2.a).v.). Les niveaux de maturité optimum pour les standards champenois obtenus ont probablement participé aux lissages des différences entre modalités d'enherbement et classes de vigueur. Des mesures de l'acide malique et du potassium des moûts auraient pu permettre d'affiner l'interprétation des acidités totales des échantillons.

En conclusion de cette deuxième analyse de résultats les mêmes constats sont portés avec une modalité M0 légèrement différentes des deux autres modalités. Il semblerait également que les différences entre modalité tendent à diminuer avec la classe de vigueur forte à la fois sur les critères analytiques et organoleptiques. A l'échelle du réseau global d'observation, la modalité M0 semble meilleure d'un point de vue sanitaire bien que les fréquences et intensités de l'année ne puissent réellement permettre d'en tirer des conclusions. Les maturités optimales ayant été atteintes cela a entraîné un lissage de l'appréciation de la dégustation de baies et des paramètres analytiques entre les modalités d'enherbement.

#### *4. Conclusion sur l'essai 2015 et perspectives*

L'intégralité des résultats présentant ci-dessus, a montré qu'à l'échelle globale du vignoble l'effet de l'enherbement ressort globalement peu pour cette première année d'expérimentation. Plusieurs explications peuvent être apportées, la principale étant que le millésime 2015 a été marqué par un climat extrêmement sec, non représentatif du climat champenois ordinaire. L'assèchement rapide des sols a entraîné un lissage des différences entre modalités d'enherbement, en supprimant rapidement la concurrence de la culture intercalaire. Ce climat a également concouru à une pression faible des maladies comme le mildiou et le botrytis. La stratégie phytosanitaire resserrée de couverture contre l'oïdium a permis de contenir la pression exercée par le champignon, limitant les fréquences et intensités observables par placette d'essai. A ceci, ce sont ajoutés des biais liés aux difficultés de mise



en place des différentes modalités d'enherbement, avec des difficultés à obtenir une destruction efficace du couvert végétal et la réalisation d'estivage.

Malgré cela, à l'échelle du réseau parcellaire d'observation, une tendance commence à se dessiner pour la modalité témoin, M0. Celle-ci tend à se démarquer des deux autres modalités désherbées un inter-rang sur deux. En effet, elle présente globalement les résultats les moins satisfaisants (excepté sur l'aspect sanitaire), pour les objectifs de production recherchés. Ces faits sont perçus tant sur les paramètres nutritionnels, que quantitatifs et qualitatifs. Une concurrence supérieure de l'enherbement tous les inter-rangs par rapport à des modalités désherbées un rang sur deux mécaniquement, serait donc être à l'origine de ces résultats. Il semblerait également que pour certains paramètres analysés, les niveaux de vigueur les plus forts tendent à tamponner les différences entre M0 et M1 et M2 et la classe faible à les accentuer (par exemple pour le N-tester à véraison ou encore le rendement).

La poursuite de cet essai lors des prochaines années permettrait probablement de confirmer ces tendances et d'en dégager de nouvelles. Des millésimes dans les normales climatiques champenoises offriraient également la possibilité d'observer, entre autres, des effets d'une minéralisation plus active et d'un régime hydrique moins limitant. L'historique d'enherbement des parcelles peut également venir « tamponner » l'effet des nouvelles pratiques appliquées pour cette première année et pour s'atténuer au cours des années à venir. Une capitalisation de l'expertise terrain devrait également permettre de limiter au maximum les biais et aléas lors de l'application terrain et du traitement des données. Pour gagner en résolution à l'échelle intra-parcellaire et pouvoir appréhender l'interaction vigueur\*enherbement à l'échelle des placettes, il pourrait être intéressant de multiplier les répétitions de placettes d'observation au sein d'une même parcelle. Enfin, afin de pouvoir réellement conclure sur les impacts des différentes modalités d'enherbement sur la vigueur, il serait nécessaire de confronter les cartes issues du Physiocap en 2014 avec l'acquisition des mesures de l'hiver 2015.

Cette première tendance dégagée cette année vient conforter l'orientation stratégique de gestion de l'enherbement des sols portée par la Direction du Vignoble au vue de ses enjeux de production. (cf.1. a) ii.). Cette année d'expérimentation pourra éventuellement servir de point de départ pour appréhender et adapter les pratiques aux évolutions climatiques futures qui prévoient une augmentation de la fréquence de millésimes aux climats extrêmes. Enfin, l'utilisation du Physiocap comme Outil d'Aide à la Décision permettrait d'identifier, dès la fin de campagne, les zones de vigueurs faibles prioritaires pour une adaptation de la gestion de l'enherbement l'année suivante.

## Bibliographie

Agreste Primeur (2012), « Fortes disparités de protection contre l'oïdium et le mildiou » Agreste Primeur [en ligne] n°289, octobre 2012, 8p. Page consultée le 14/04/2015 URL : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur289.pdf>

Agreste Primeur b (2012), « Moins de désherbants dans les vignes » Agreste Primeur [en ligne] n°288, octobre 2012, 8p. Page consultée le 14/04/2015 URL : [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur\\_2\\_desherbage\\_phyto\\_viti\\_cle425154.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur_2_desherbage_phyto_viti_cle425154.pdf)

Agreste Champagne Ardenne (2012), « Campagne viticole 2009-2010 : une réduction significative d'utilisation des produits phytosanitaires », Agreste Champagne-Ardenne . [en ligne] n° 5– Septembre 2012, 5p. Page consultée le 14/04/2015 URL : <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/R2112A09.pdf>

Barbeau G. (2008), « Influence du fonctionnement de la vigne sur la qualité du vin », [en ligne], VI Foro Mundial del Vino, Logroño, Espagne, Page consultée le 20/04/2015 URL : <http://www.techniloire.com/documents/124963587/article73.pdf>

Barbeau G. et Blin A. (2010), Influence du porte-greffe sur le comportement agronomique de la vigne (var. Cabernet franc) en moyenne vallée de la Loire, [en ligne] (consultée le 20/04/2015) URL : [http://www.techniloire.com/documents/124963587/Essai%20porte-greffe%20CF\\_vf.pdf](http://www.techniloire.com/documents/124963587/Essai%20porte-greffe%20CF_vf.pdf)

Beltrando G. et Briche E. (2010), « Changement climatique et viticulture en Champagne : du constat actuel aux prévisions du modèle ARPEGE-Climat sur l'évolution des températures pour le XXI<sup>e</sup> siècle », EchoGéo [En ligne], numéro 14 | 2010, mis en ligne le 16 décembre 2010. URL : <http://echogeo.revues.org/12216>

Bodin F. (2003), « Contribution à l'étude du terroir viticole en Anjou » Thèse de l'Université d'Angers, 261 p. URL : <http://fab.bodin.free.fr/These%20F%20Bodin.pdf>

Delabays N. (2010), « Sélection de nouvelles espèces pour un enherbement semé » ,[en ligne] Journées TechniLoire- L'entretien du sol dans une viticulture durable-, Vertou, 7 juillet 2010, 15-18p. URL : [http://www.techniloire.com/documents/124963587/actes\\_entretien\\_sol.pdf](http://www.techniloire.com/documents/124963587/actes_entretien_sol.pdf)

Descôtes A. et Moncomble D. (2013), « Champagne, environnement et développement durable 30 ans d'histoire ! » Le vigneron champenois,[en ligne], Novembre 2013, p32-60. Page consultée le 03/04/2015 URL : [http://www.champagne.fr/assets/files/vigneron\\_champenois/Champagne\\_et\\_developpement\\_durable.pdf](http://www.champagne.fr/assets/files/vigneron_champenois/Champagne_et_developpement_durable.pdf)

Celette F. (2007), «Dynamique des fonctionnements hydrique et azoté dans une vigne enherbée sous le climat méditerranéen», Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 200p.

Champagnol F. (1984), « Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale », Champagnol, Saint-Gély du Fesc 351p.

CIVC (2012), « Champagne du Terroir au Vin », [document en ligne], Epernay, CIVC, 2012 URL : [http://www.champagne.fr/assets/files/brochure%20champagne/champagne\\_francais.pdf](http://www.champagne.fr/assets/files/brochure%20champagne/champagne_francais.pdf)

CIVC (2014), « Viticulture Durable en Champagne »- Référentiel technique version n°4 avril 2014, [document en ligne] consulté le 17/04/2015 URL : [https://extranet.comitechampagne.fr/techEnv/Environnement/Documents/certification%20champagne/Referentiel\\_Viticulture\\_durable\\_Avril\\_2014.pdf](https://extranet.comitechampagne.fr/techEnv/Environnement/Documents/certification%20champagne/Referentiel_Viticulture_durable_Avril_2014.pdf)

Dauphin A. (2014), « L'impact de la vigueur sur le fonctionnement de la vigne ». Mémoire ingénieur : Viticulture-Enologie .Montpellier : Montpellier SupAgro, 89 p.

Gaviglio C, (2010), « Le travail du sol interceps : stratégies, mise en oeuvre et coût » , Le Paysan du Midi- Spécial IFV 2010 [en ligne], Actes du Colloques IFV de Narbonne 2010, p3. 15/04/2015. URL: <http://www.vignevin.com/publications/actes-de-colloques/entretiens-vigne-vin-languedoc-roussillon.html>

Gaviglio C. (2013), « Désherbage mécanique sous le rang » [en ligne]. 3p. Page consultée le 15/04/2015. <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/compte-rendus-recherche/pdf/desherbage-mecanique-sous-rang.pdf>

Goutouly J-P ; (2011), « L'azote chez la vigne : dynamique des besoins, de l'assimilation, du stockage et de la redistribution vers les fruits » [document en ligne], Colloque IFV Sud-Ouest : - L'azote : un élément clé en viticulture et en œnologie-, Toulouse 8 Décembre 2011, 4-8p. URL : <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/itv-colloque/documents/COLLOQUE-azote.pdf>

Hervé M. (2014), « Aide-mémoire de statistique appliquée à la biologie » [document en ligne] Page consultée le 11/06/2015, 134p. URL : <http://www.maximeherve.com/r-statistiques/aide-memoire>

ITAB (2003), « L'enherbement de la vigne », Techn'Itab viticulture[en ligne], octobre 2003, 5p. URL : [http://www.itab.asso.fr/downloads/Fichestechniques\\_viti/viti%20enherbement.pdf](http://www.itab.asso.fr/downloads/Fichestechniques_viti/viti%20enherbement.pdf)

ITV (2008), Enherbement et impacts sur la vigne,  
[http://www.vitirover.com/PDF/Enherbement\\_et\\_impact\\_sur\\_la\\_vigne.pdf](http://www.vitirover.com/PDF/Enherbement_et_impact_sur_la_vigne.pdf)

Métay A. et Gary C. (2010), « Enherbement et concurrence hydro-azotée de la vigne », [en ligne] Journées TechniLoire- L'entretien du sol dans une viticulture durable-, Vertou, 7 juillet 2010, 19-21p. URL : [http://www.techniloire.com/documents/124963587/actes\\_entretien\\_sol.pdf](http://www.techniloire.com/documents/124963587/actes_entretien_sol.pdf)

Morlat R. et Venin G. (1981), « Effets comparés de deux techniques d'entretien du sol sur l'enracinement de la vigne et sur le milieu édaphique ». Agronomie, EDP Sciences, 1981, 1(10), pp.887-896. <hal-00884209>

Morlat R., Venin G., Jacquet A. (1987), « Influence du mode d'entretien du sol sur l'alimentation en eau de la vigne en Anjou. Conséquences agronomiques. Agronomie, EDP Sciences, 1987, 7 (3), pp.183-191. <hal-00884983>

Morlat R et 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 [en ligne], 2003 vol. 54no. 1 1-7 URL: <http://ajevonline.org/content/54/1/1.full.pdf+html>

Morlet M. et Debuissou S. (2014), « Estimation et gestion de la vigueur exemple de la proxi-détection en Champagne » [présentation ppt en ligne], Séminaire Viticulture de Précision. 25 avril 2014, Montpellier SupAgro. Page consultée le 20/03/2015 URL : [http://www.agrotic.org/blog/wp-content/uploads/2014/02/Seminaire\\_viticulture\\_precision\\_S%C3%A9bastien\\_Debuissou\\_CIVC.pdf](http://www.agrotic.org/blog/wp-content/uploads/2014/02/Seminaire_viticulture_precision_S%C3%A9bastien_Debuissou_CIVC.pdf)

Pinon-Guérin N. (2014), « Un Nouveau Souffle Pour La Viticulture Durable En Champagne. » [document en ligne], La champagne viticole, n°804, Août-Septembre 2014, p15-18. Page consultée le 17/04/2015 URL : <http://www.lachampagneviticole.fr/IMG/pdf/Dossier-20.pdf>

Tisseyre B. (2014), « Viticulture de précision TM-Principe et états des lieux ». [Présentation ppt en ligne], Séminaire Viticulture de Précision. 25 avril 2014, Montpellier SupAgro. Page consultée le 20/03/2015 URL : [http://www.agrotic.org/blog/wp-content/uploads/2014/02/Introduction\\_s%C3%A9minaire\\_viticulture\\_precision.pdf](http://www.agrotic.org/blog/wp-content/uploads/2014/02/Introduction_s%C3%A9minaire_viticulture_precision.pdf)

Tonietto J. (1999), « Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France. » Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 233 p.

Valdes Gomez H. (2007), « Relations entre états de croissance de la vigne et maladies cryptogamiques sous différentes modalités d'entretien du sol en région méditerranéenne », Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 257p. URL : [http://www.supagro.fr/theses/extranet/07-0012\\_Valdes-Gomez.pdf](http://www.supagro.fr/theses/extranet/07-0012_Valdes-Gomez.pdf)

Van Leeuwen C et Friant P. (2011), « Les méthodes d'estimation de l'alimentation azotée de la vigne et des raisins au vignoble : état de l'art », [document en ligne], Colloque IFV Sud-Ouest : - L'azote : un élément clé en viticulture et en œnologie-, Toulouse 8 Décembre 2011, 4-8p. URL : <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/itv-colloque/documents/COLLOQUE-azote.pdf>

### Sites Internet

Extranet professionnel du CIVC, Maîtrise des intrants, [en ligne] page consultée le 18/04/2015 URL : <https://extranet.comitechampagne.fr/techEnv/Environnement/Pages/Ma%C3%A9trisedespollutions,desnuisancesetdesrisqueschimiques.aspx>



I. Annexe 1 : Cartes commentées de l'historique de terrassement des parcelles pouvant expliquer en partie l'hétérogénéité de vigueur intra parcellaire

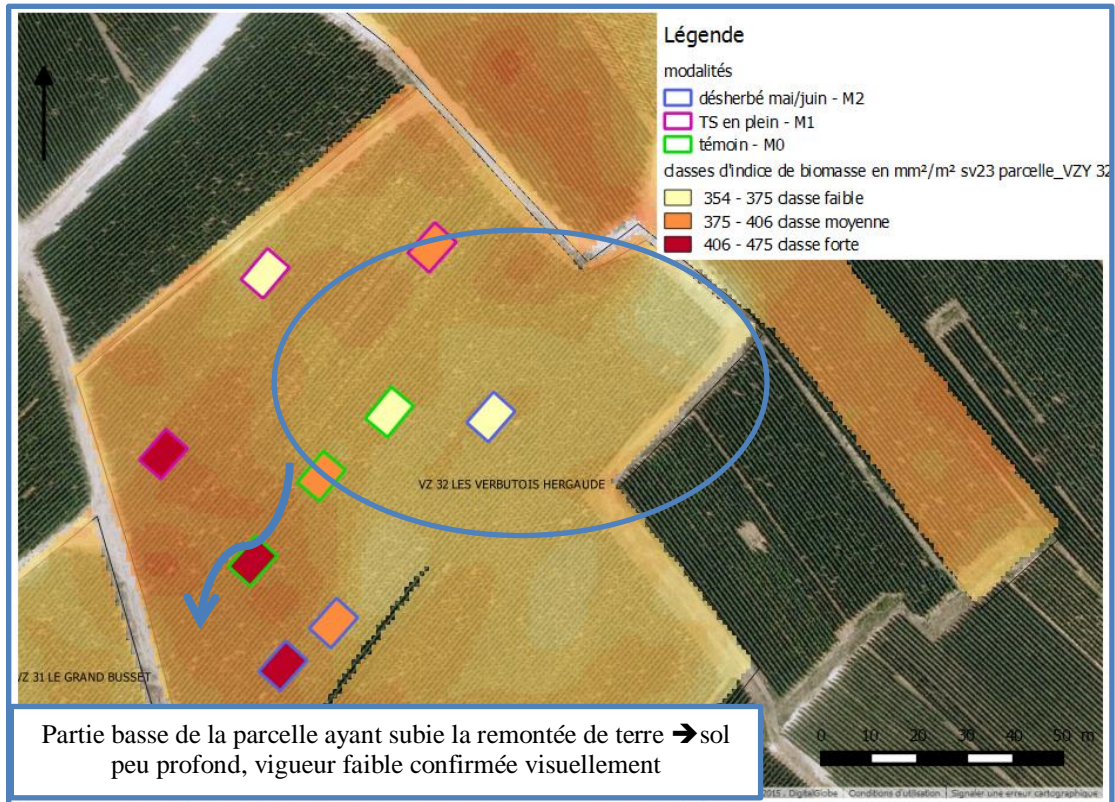


Figure XXII : Carte de l'historique de terrassement de la parcelle VZY32

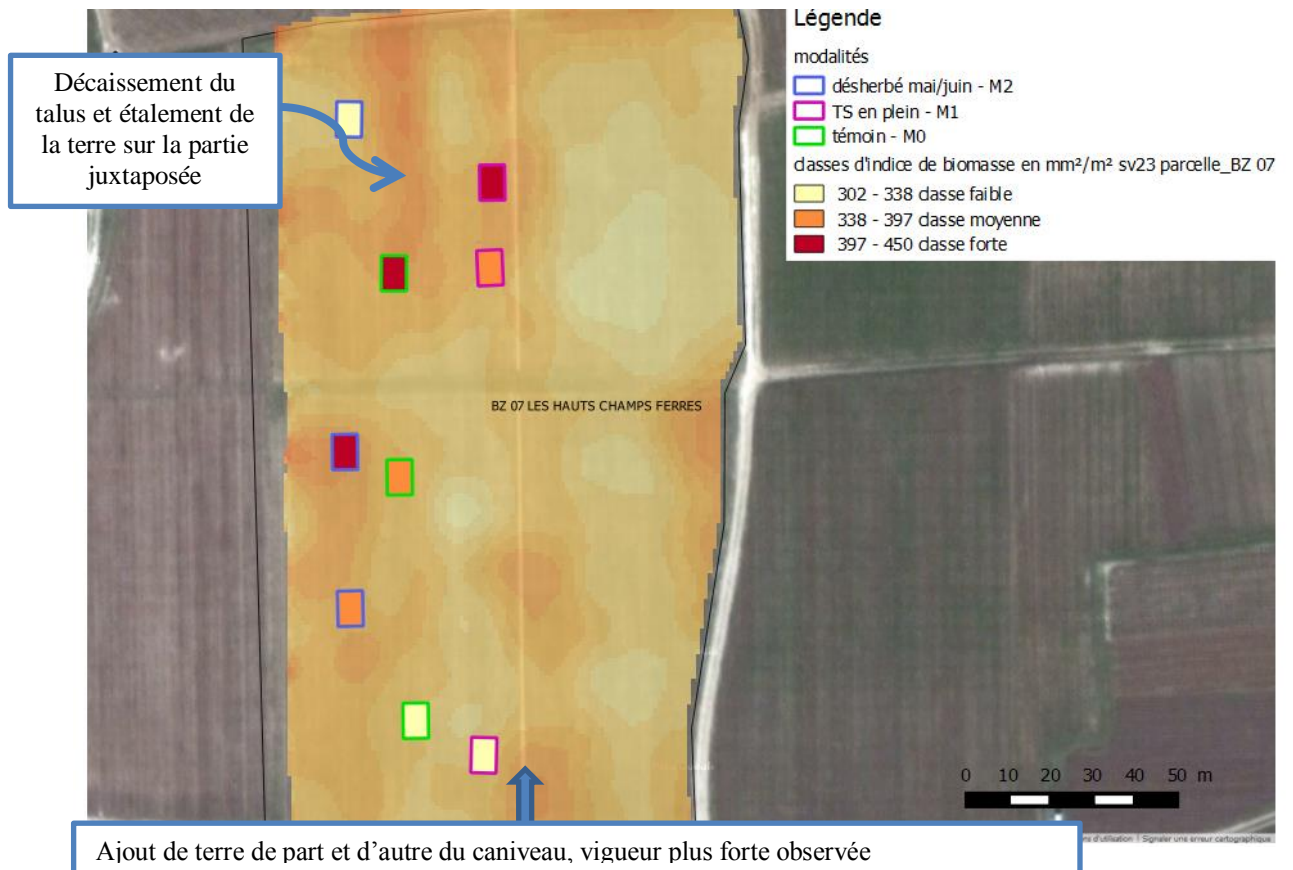


Figure XXIII : Carte de l'historique de terrassement de la parcelle BZ07

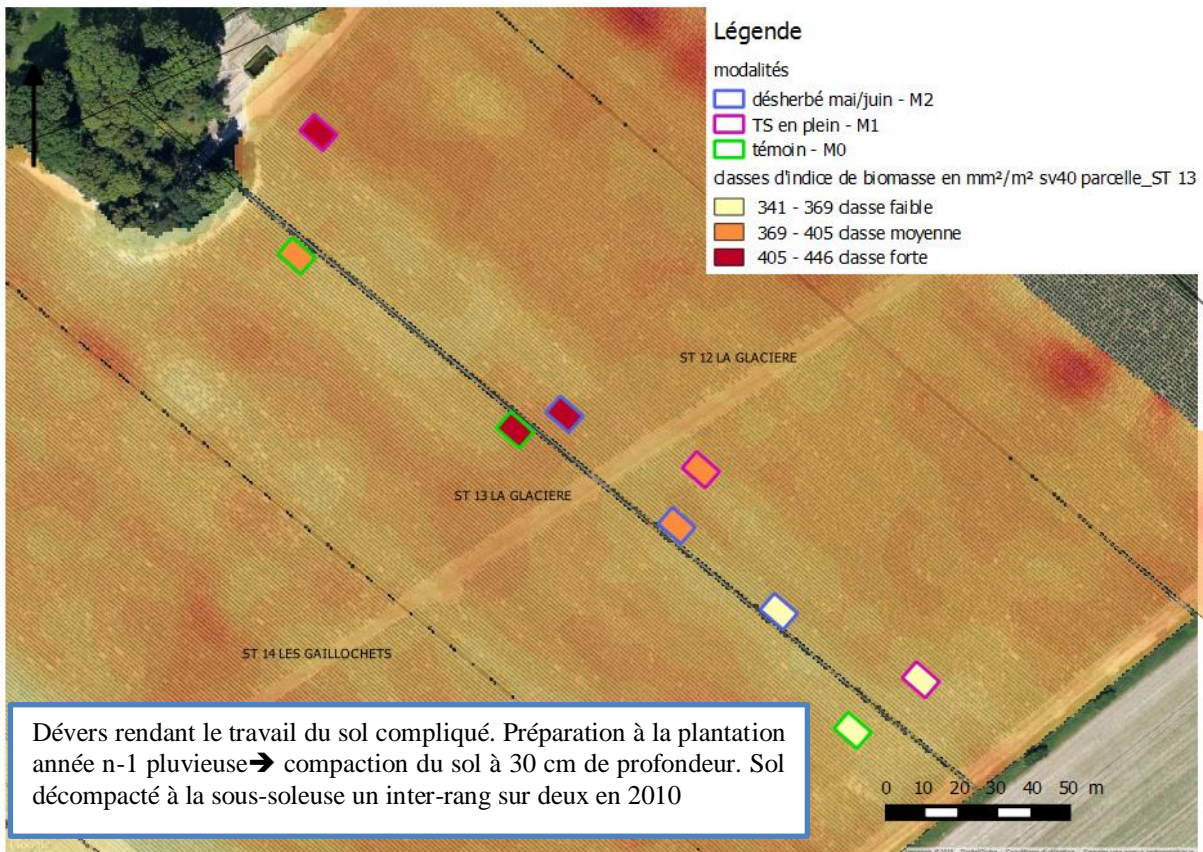


Figure XXIV : Carte de l'historique de terrassement de la parcelle ST13

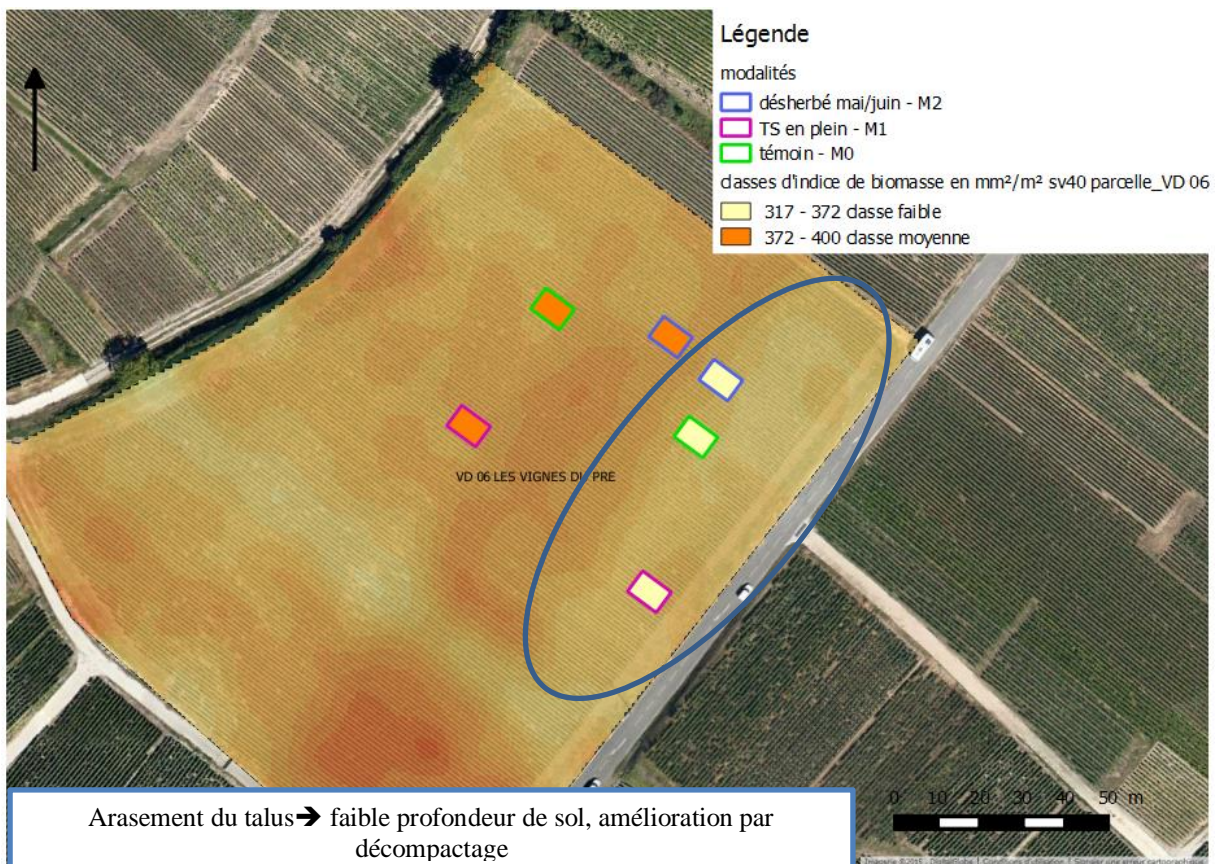


Figure XXV : Carte de l'historique de terrassement de la parcelle VD06

II. Annexe 2 : Cartes parcellaires d'interpolation de l'indice de biomasse bois et des diamètres moyens des sarments. Cartes utilisées pour le placement des placettes d'observation en fonction de trois niveaux de vigueur intra-parcellaires

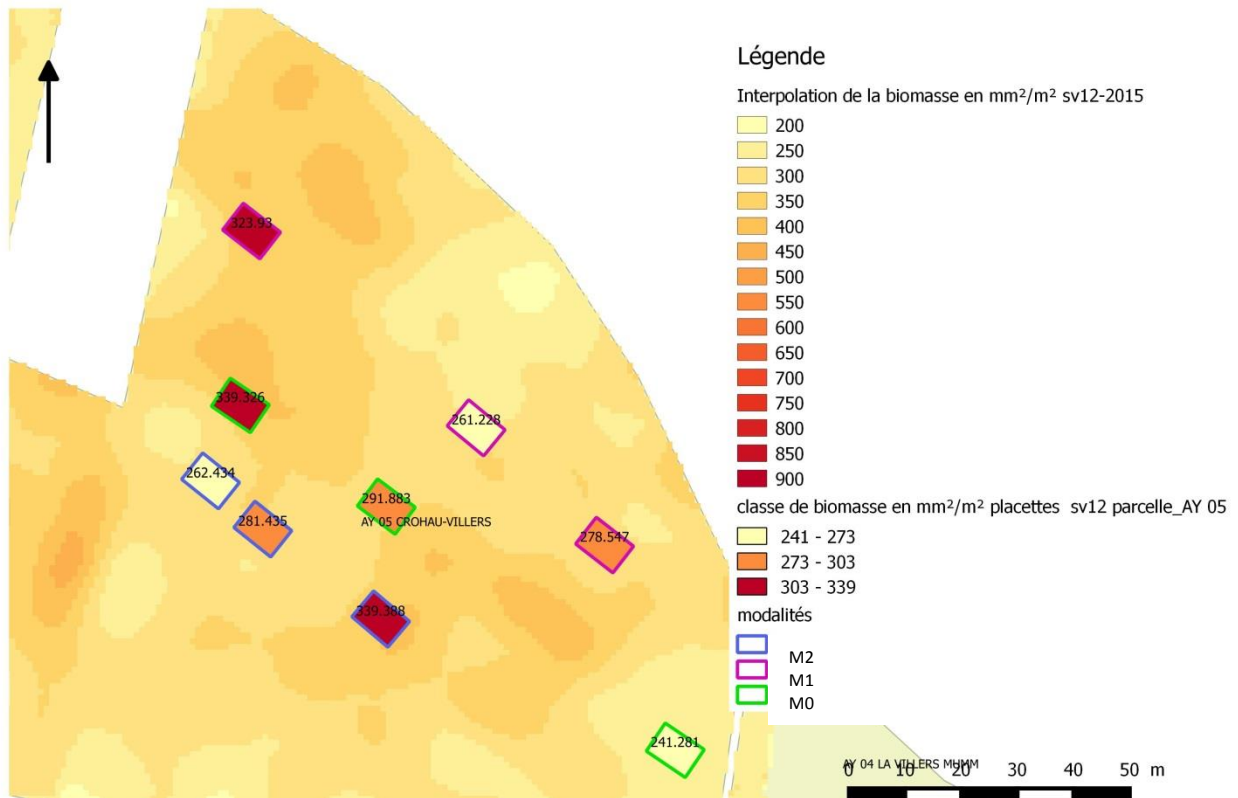


Figure XXVI : Carte d'interpolation de l'indice de biomasse et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle AY05

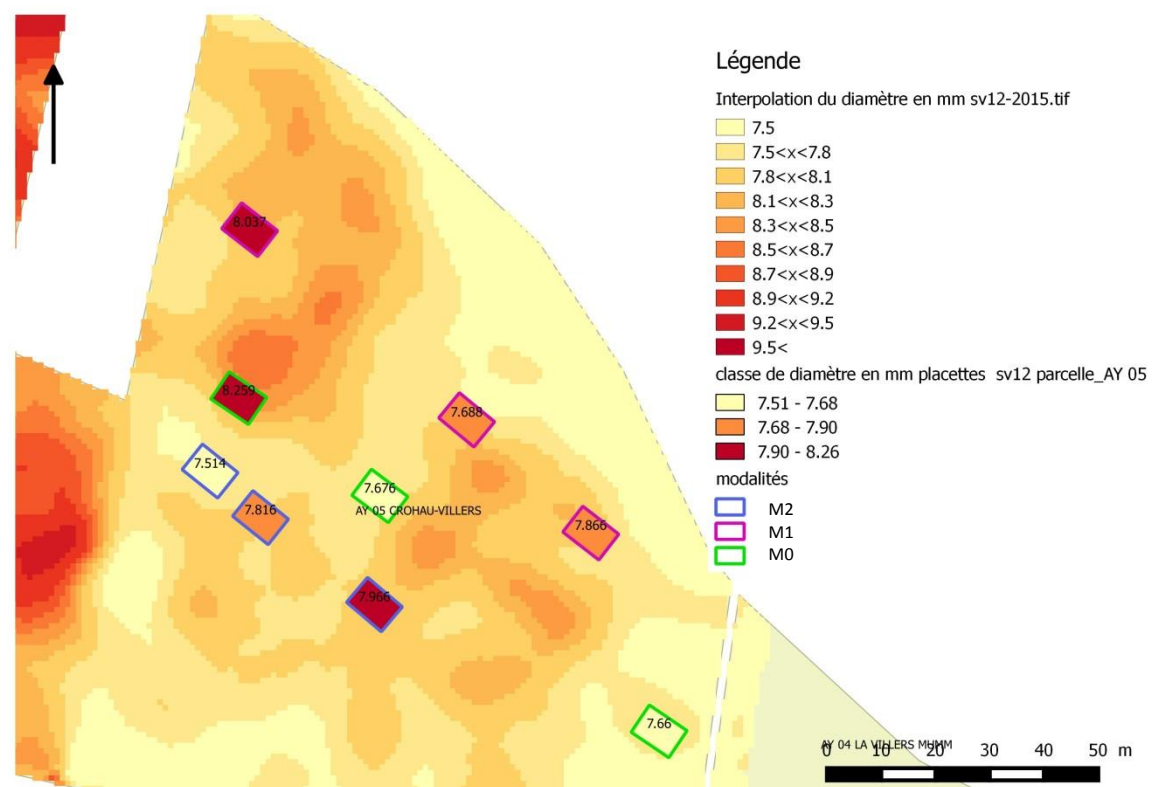


Figure XXVII : Carte d'interpolation du diamètre moyen des sarments et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle AY05

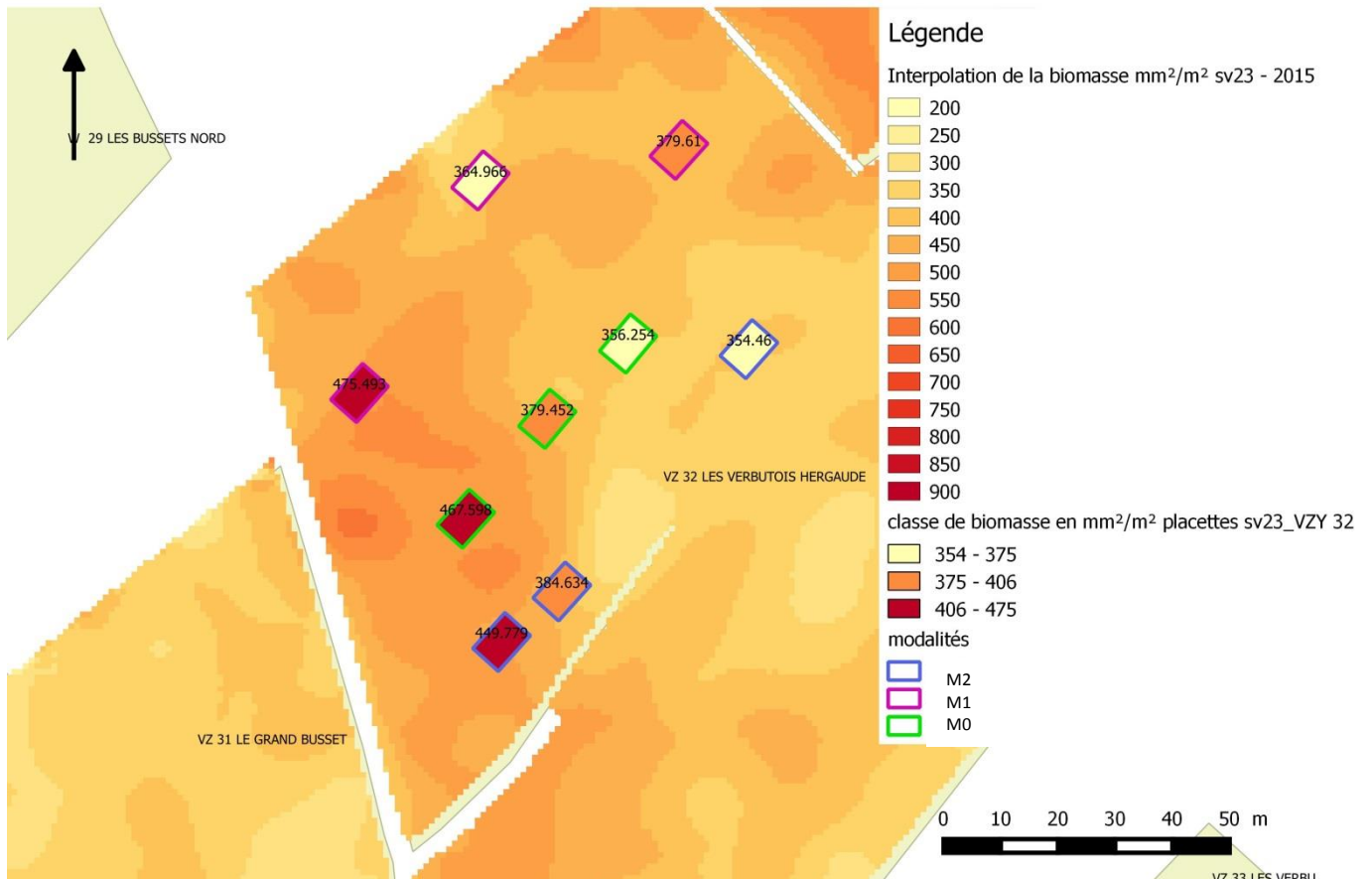


Figure XXVIII : Carte d'interpolation de l'indice de biomasse et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle VZY32

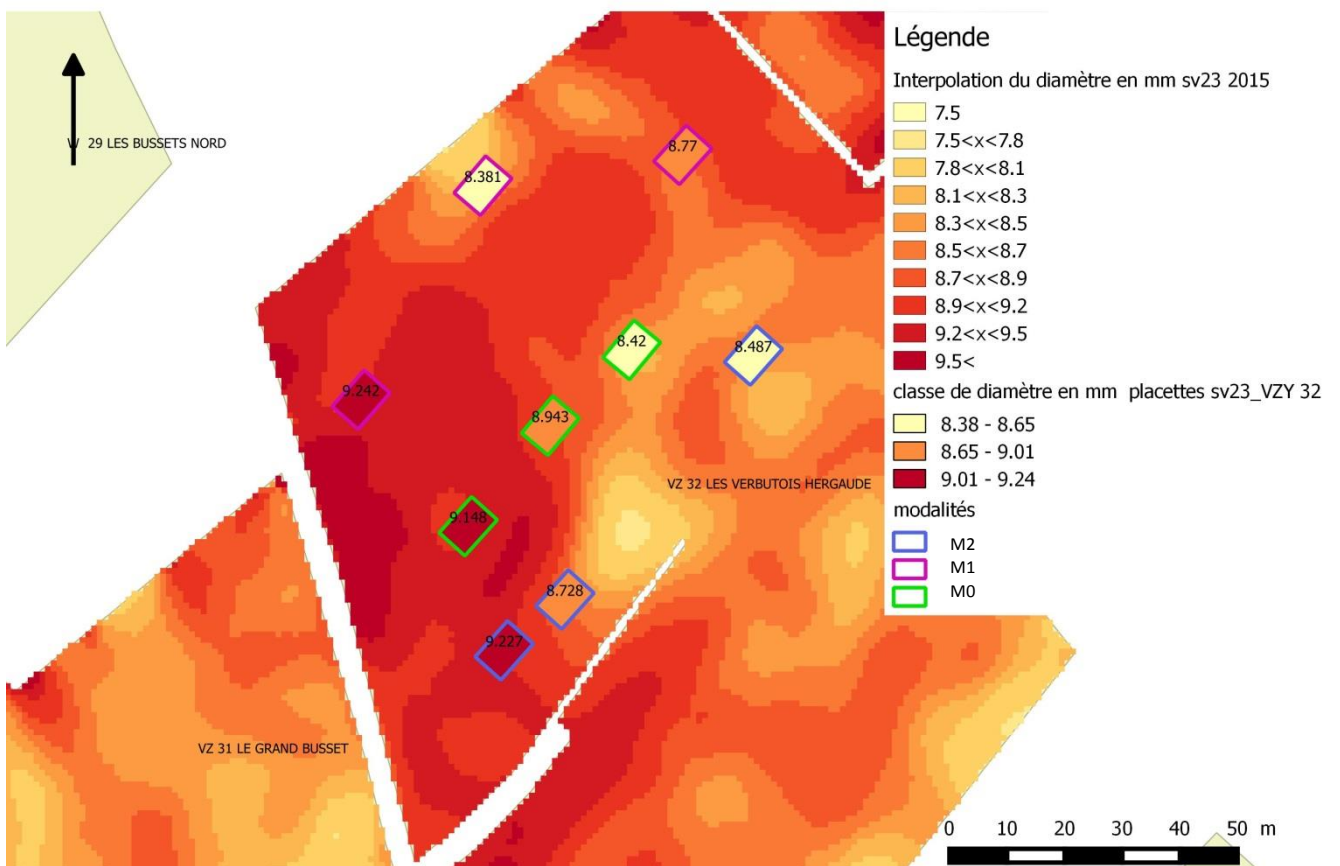


Figure XXIX : Carte d'interpolation du diamètre moyen des sarments et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle VZY32

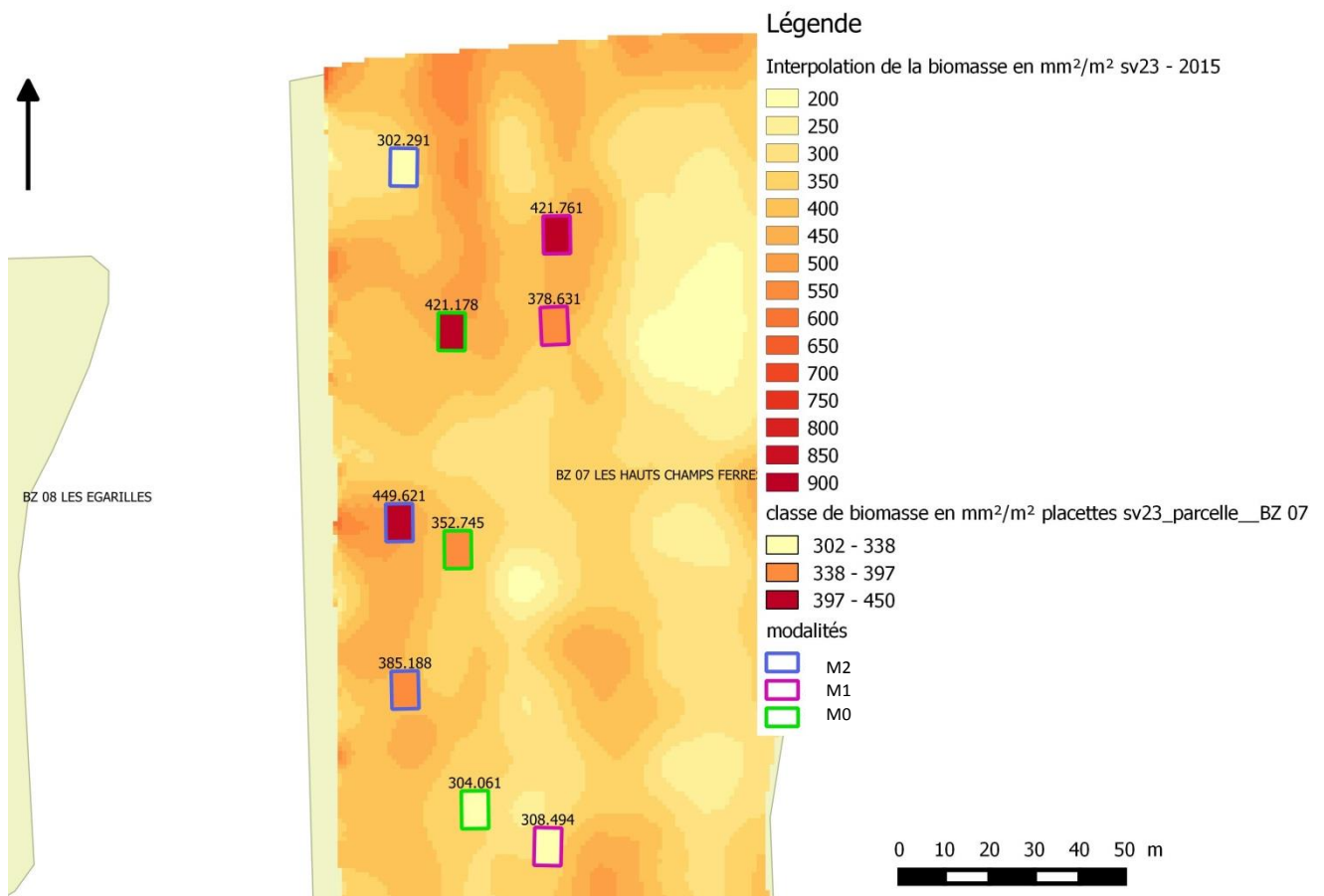


Figure XXX : Carte d'interpolation de l'indice de biomasse et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle BZ07

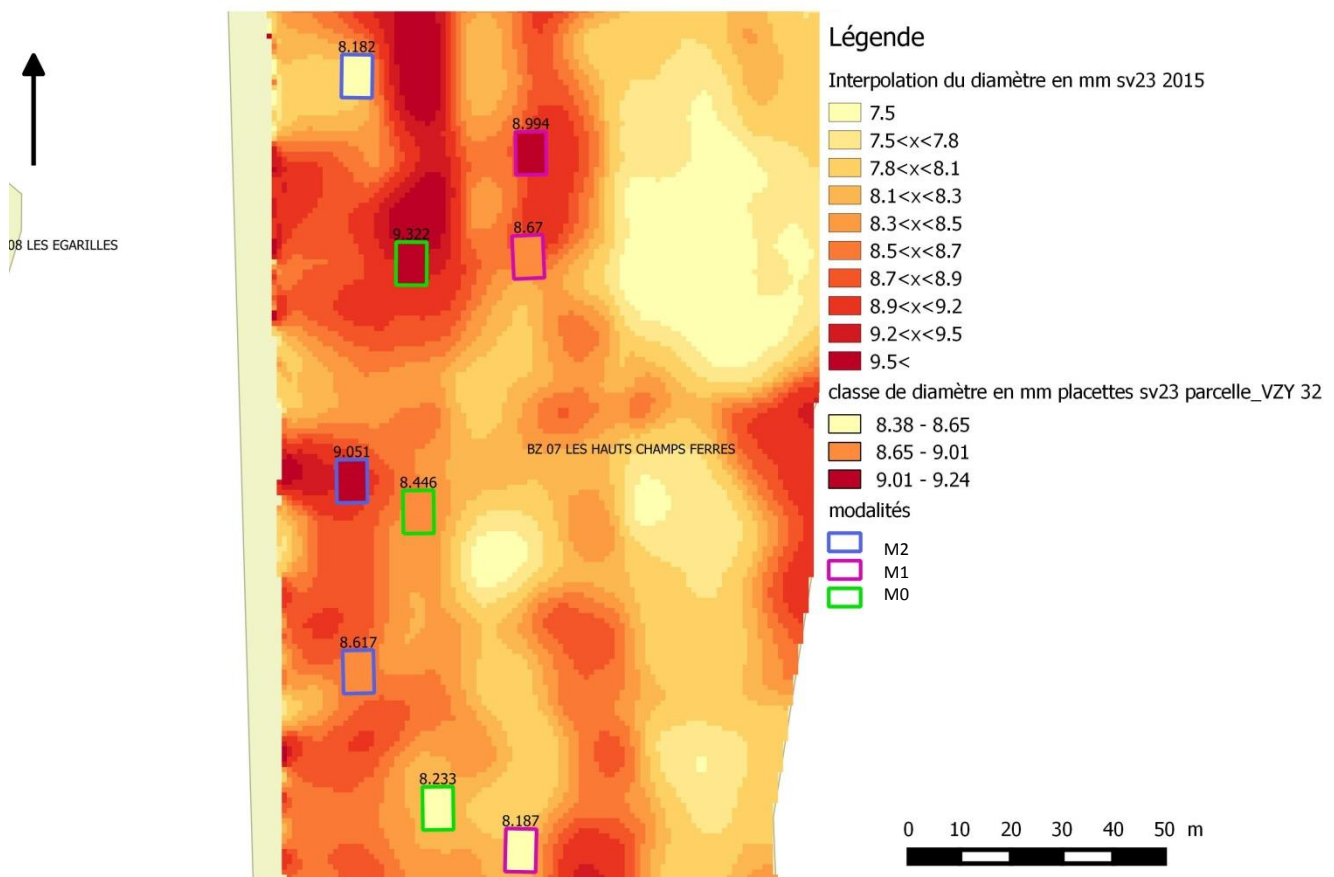


Figure XXXI : Carte d'interpolation du diamètre moyen des sarments et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle BZ07

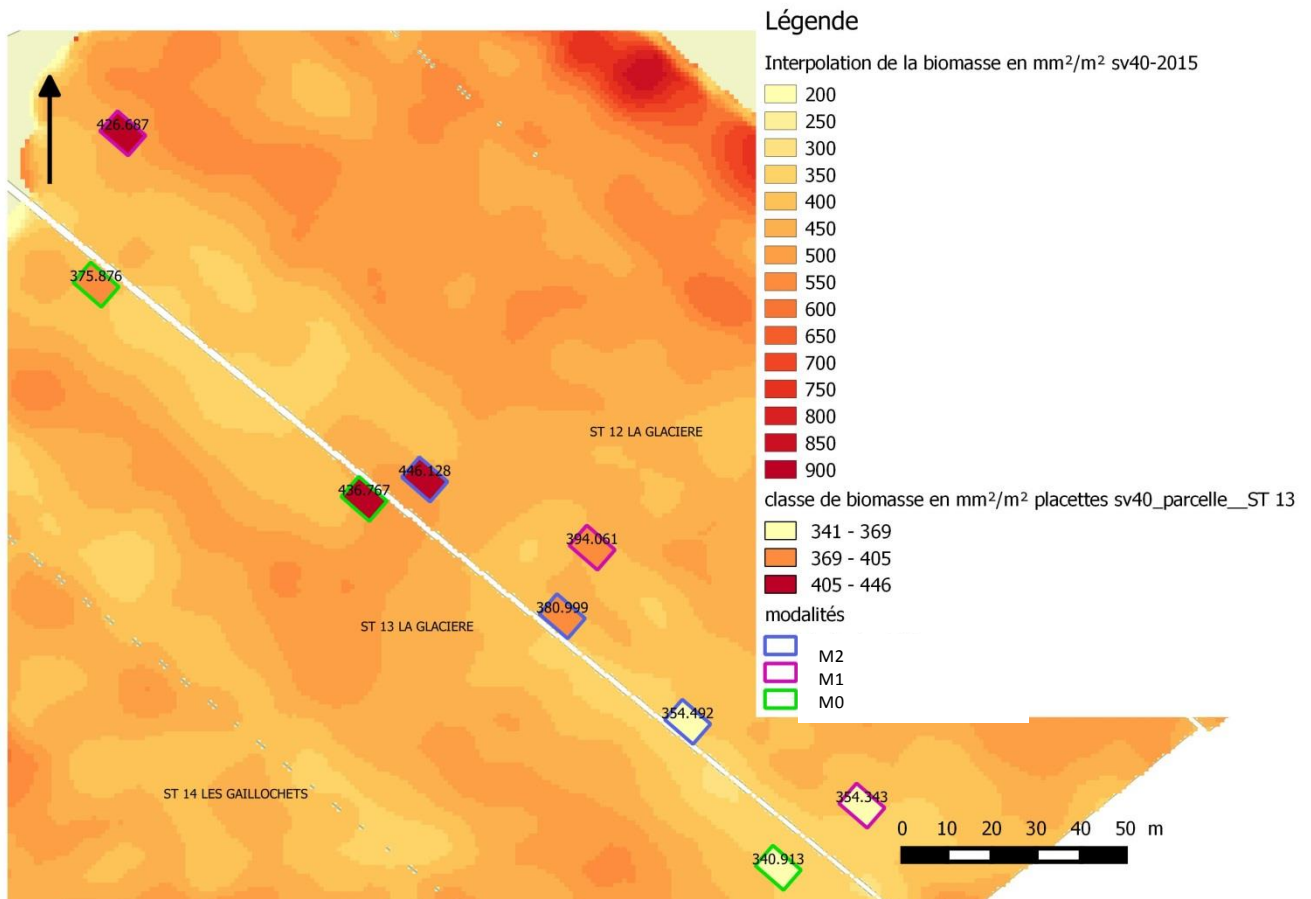


Figure XXXII : Carte d'interpolation de l'indice de biomasse et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle ST13

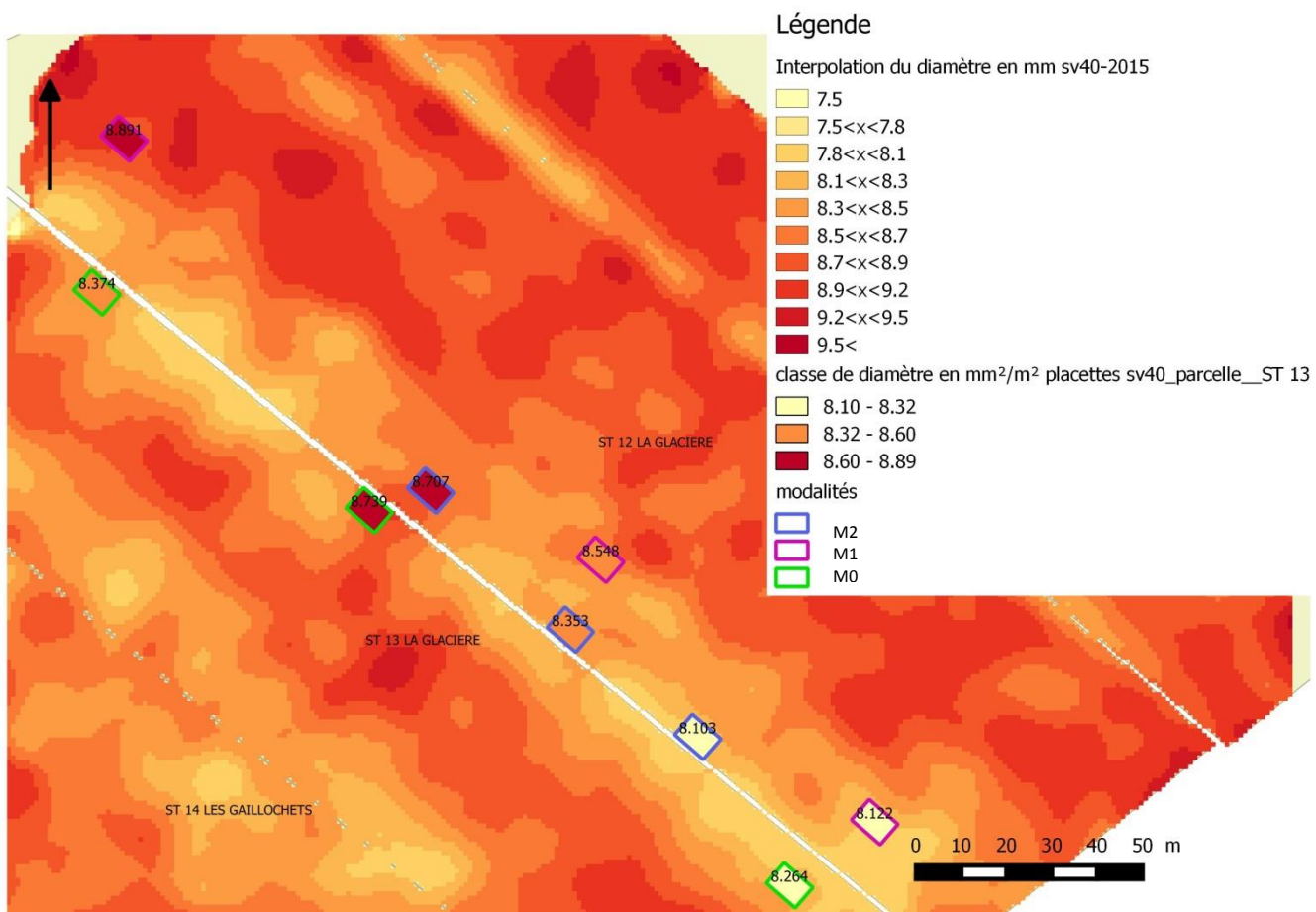


Figure XXXIII : Carte d'interpolation du diamètre moyen des sarments et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle ST13

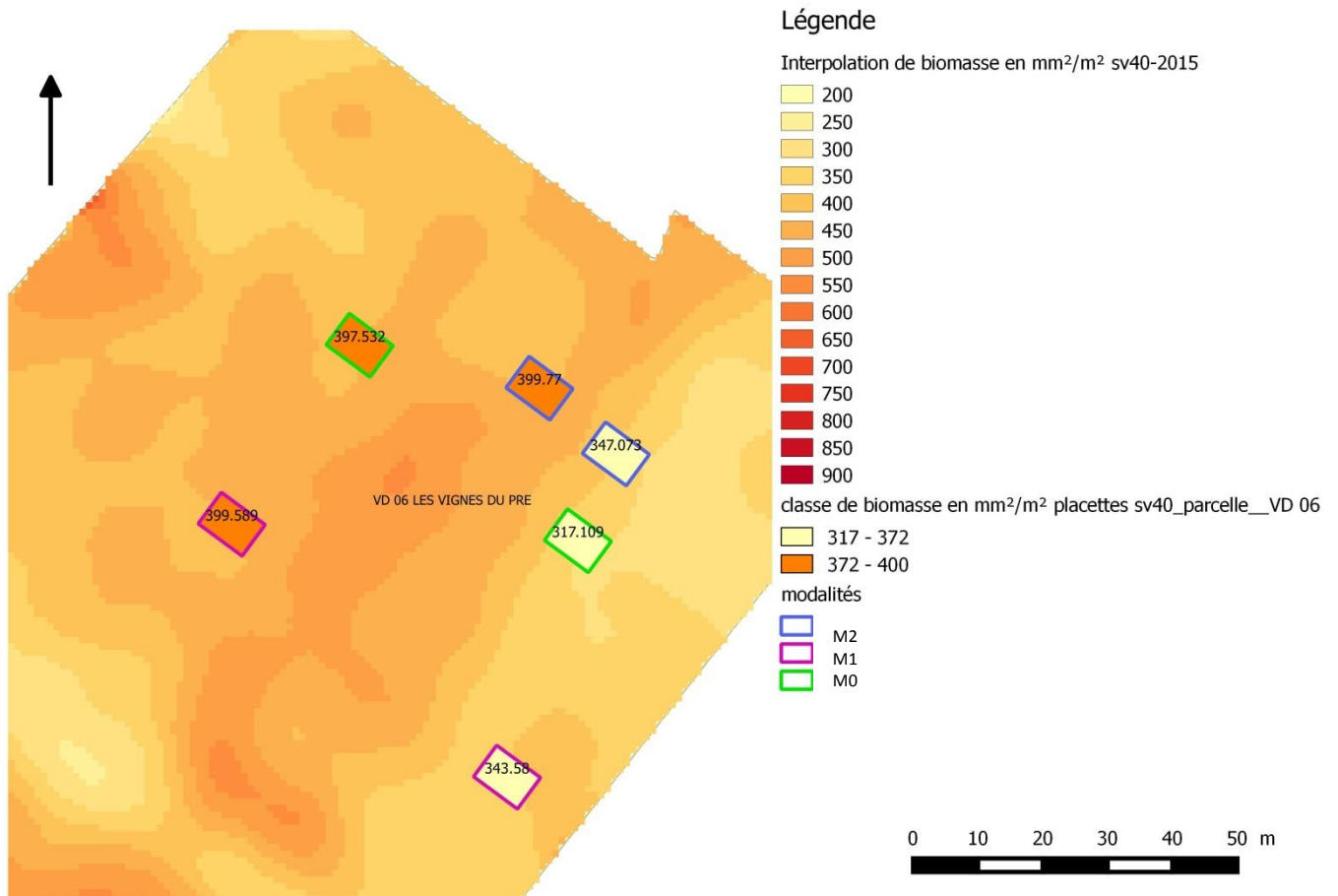


Figure XXXV : Carte d'interpolation de l'indice de biomasse et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle VD06

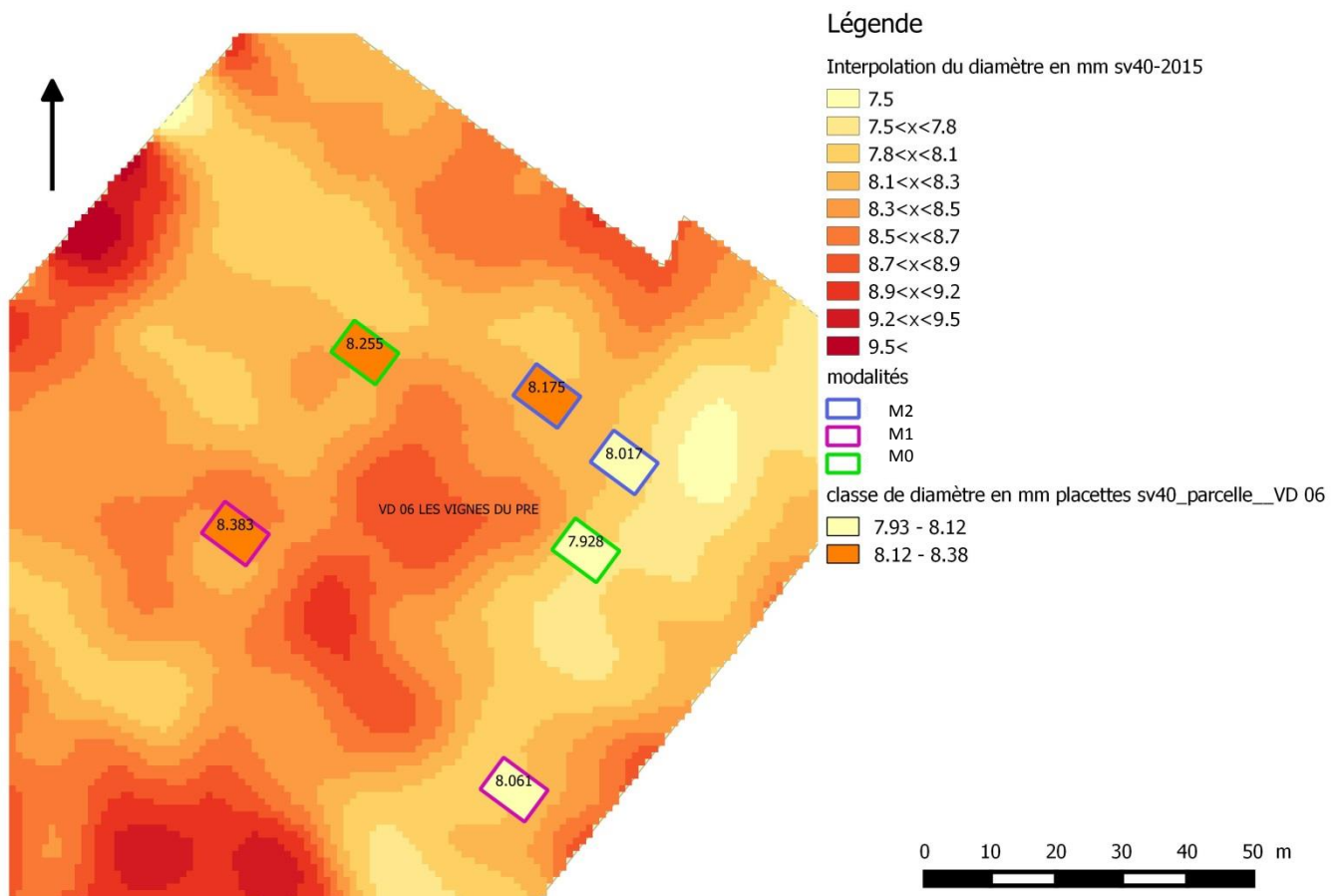


Figure XXXIV : Carte d'interpolation du diamètre moyen des sarments et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle VD06

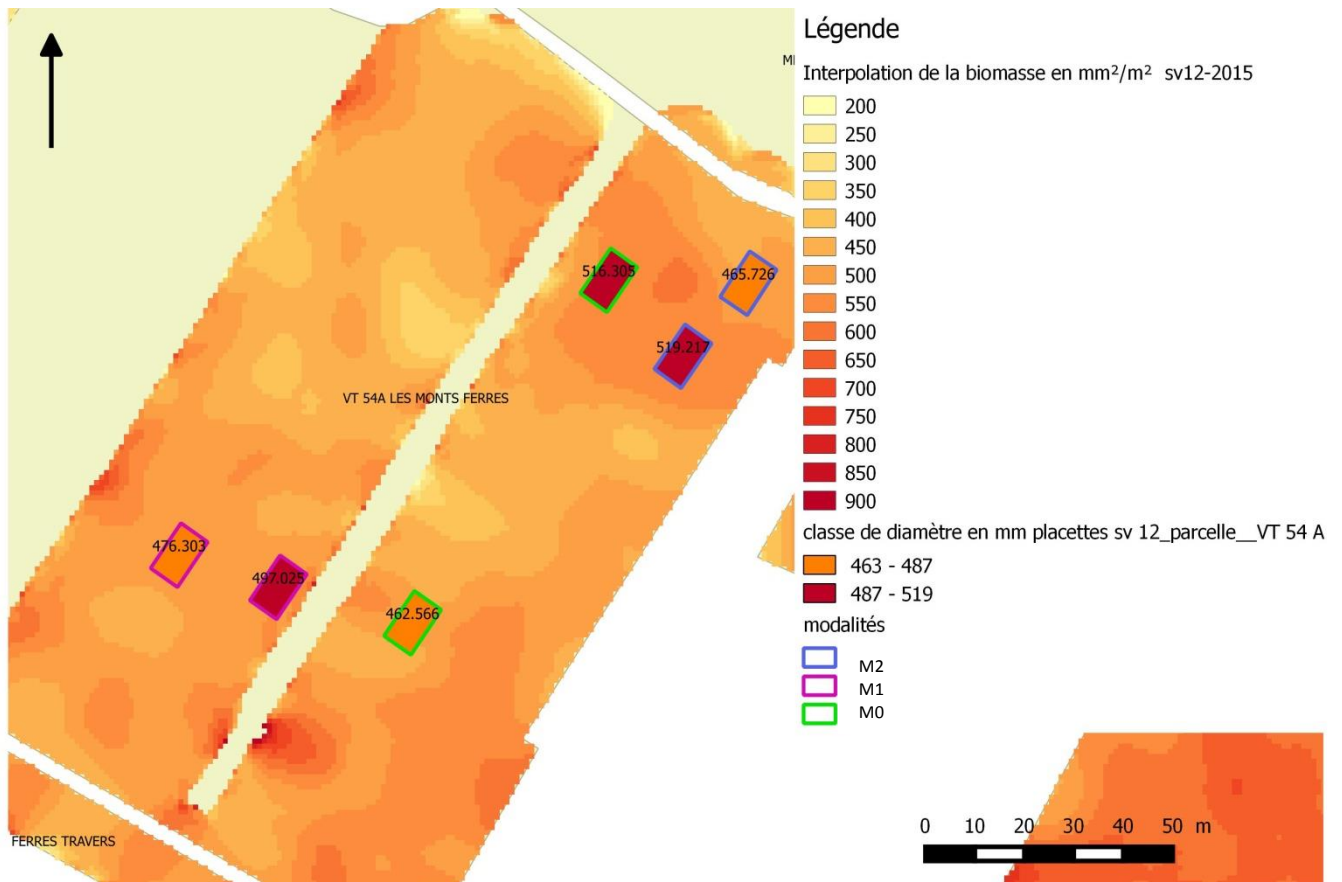


Figure XXXVI : Carte d'interpolation de l'indice de biomasse et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle VT54

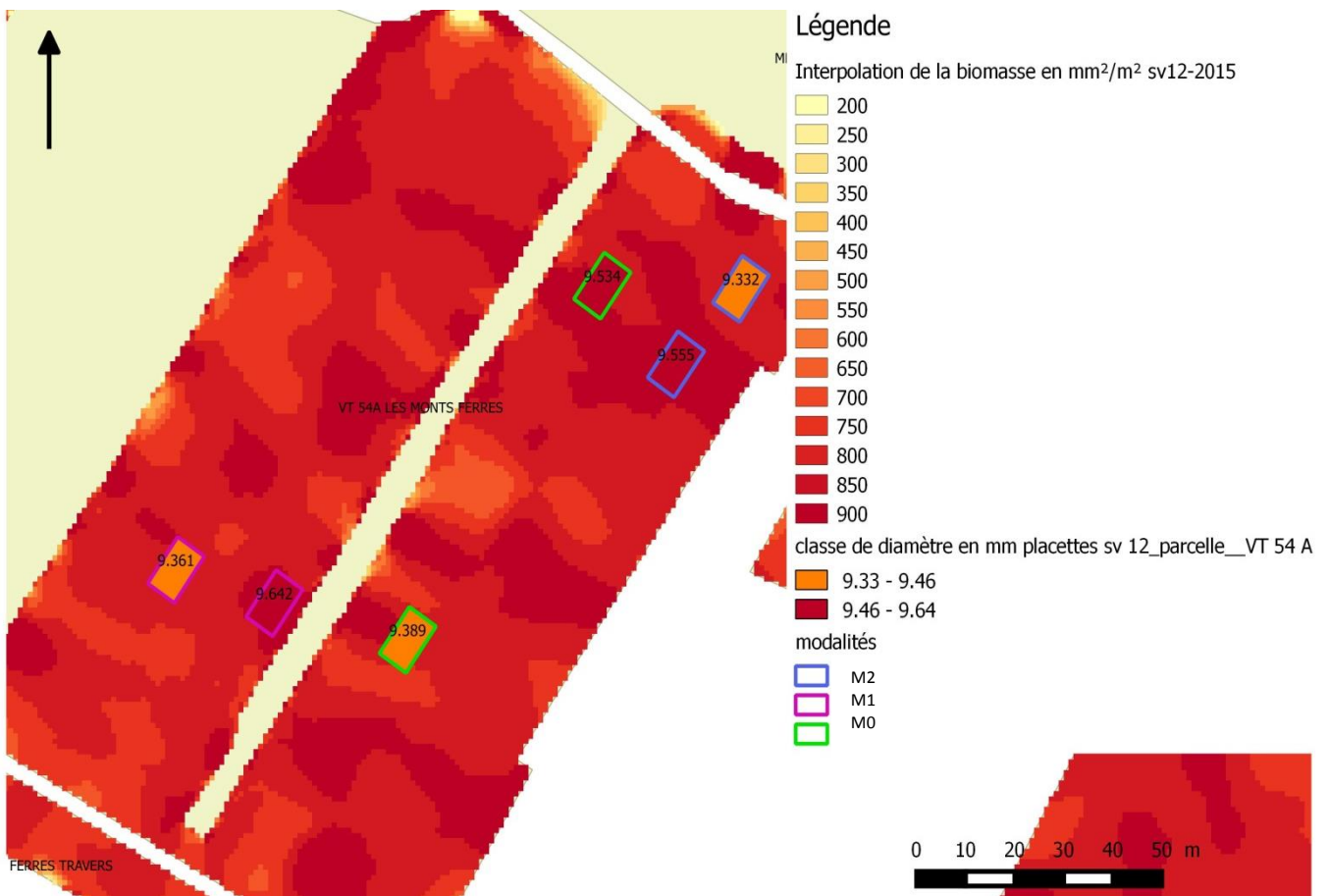


Figure XXXVII : Carte d'interpolation du diamètre moyen des sarments et positionnement des placettes d'observation par niveau de vigueur et modalité d'enherbement de la parcelle VT54



### III. Annexes 3 : Fichiers de dégustation de baies des Chardonnay, Pinot noir et Meunier



## Fiche dégustation de baies

### PINOT NOIR ET MEUNIER

#### Echantillon n°1

Initiales

#### Analyse visuelle et tactile de la baie

D1 : Aptitude à l'écrasement de la baie

très dure     dure     molle     très molle

#### Dégustation de la chair

D2 : Sucré de la chair

peu sucrée     moy sucrée     sucrée     très sucrée

D3 : Acidité de la chair

très acide     acide     moy acide     peu acide

D4 : Dominante aromatique de la chair

végétal     neutre     fruité     confituré

D5 : Intensité de l'arôme dominant de la chair

faible     moyenne     élevée     très élevée

#### Dégustation de la pellicule

D6 : Aptitude à la dilacération de la pellicule

très épaisse     épaisse     fine     très fine

D7 : Dominante aromatique de la pellicule

végétal     neutre     fruité     confituré

D8 : Intensité de l'arôme dominant de la pellicule

faible     moyenne     élevée     très élevée

#### Observation des pépins

D9 : Couleur(s) des pépins

blanc/jaune-vert     marron-vert     brun-gris     marron

#### Notation globale

Note globale échantillon

Noter l'impression générale laissée (sur 10)

#### Commentaires/observations

Figure XXXVIII : Fichier de notation pour les dégustations de baies de Chardonnay



## Fiche dégustation de baies

### CHARDONNAY

#### Echantillon n°1

Initiales

#### Analyse visuelle et tactile de la baie

D1 : Aptitude à l'écrasement de la baie

très dure     dure     molle     très molle

#### Dégustation de la chair

D2 : Sucré de la chair

peu sucrée     moy sucrée     sucrée     très sucrée

D3 : Acidité de la chair

très acide     acide     moy acide     peu acide

D4 : Dominante aromatique de la chair

végétal     citronné     fruité

D5 : Intensité de l'arôme dominant de la chair

faible     moyenne     élevée     très élevée

#### Dégustation de la pellicule

D6 : Aptitude à la dilacération de la pellicule

très épaisse     épaisse     fine     très fine

D7 : Dominante aromatique de la pellicule

végétal     neutre     fruité     confituré

D8 : Intensité de l'arôme dominant de la pellicule

faible     moyenne     élevée     très élevée

#### Observation des pépins

D9 : Couleur(s) des pépins

blanc/jaune-vert     marron-vert     brun-gris     marron

#### Notation globale

Note globale échantillon

Noter l'impression générale laissée (sur 10)

#### Commentaires/observations

Figure XXXIX : Fichier de notation pour les dégustations de baies de Chardonnay

IV. Annexes 4 :Graphique et tableau en référence à la partie sur la nutrition azotée des placettes

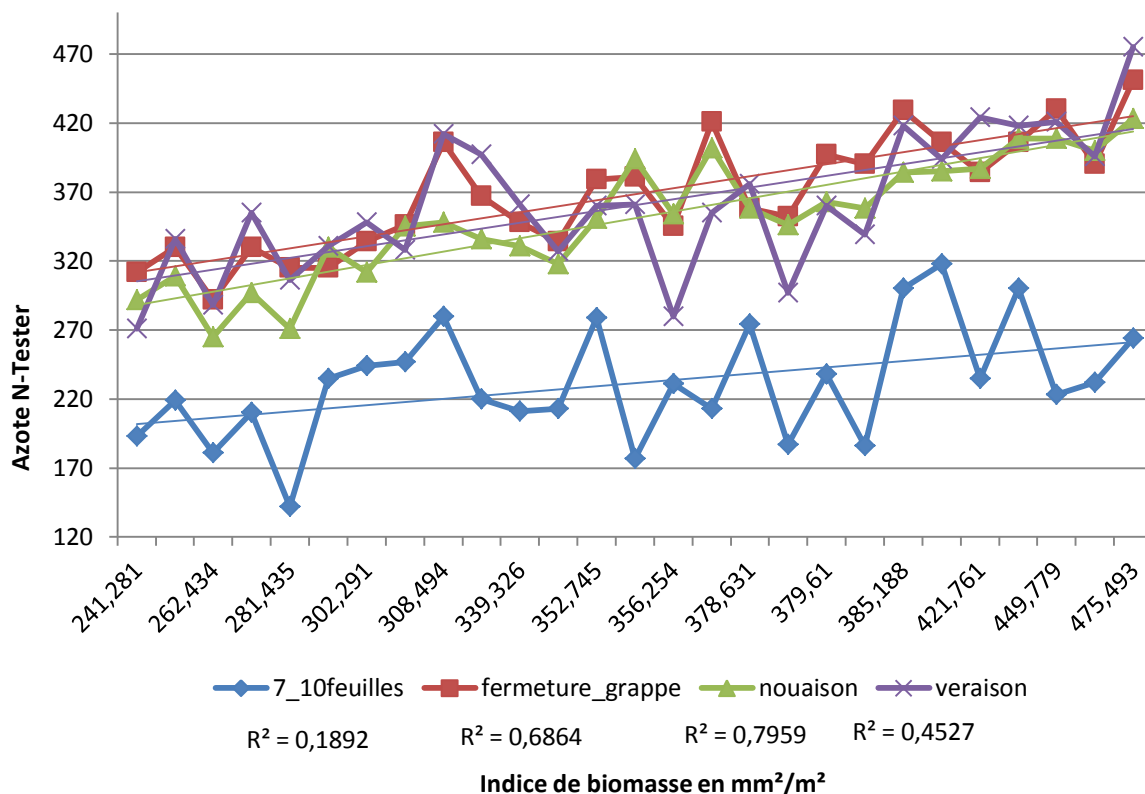


Figure XL : Graphique de corrélation des mesures N-Tester avec l'indice de biomasse à différents stades phénologiques

Tableau XIX : Moyennes des mesures des différents paramètres azotés par parcelle en fonction des modalités

	N assimilable			NH <sub>4</sub> /Ntotal			N-Tester à véraison			N pétioleaire (% MS)		
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2
<b>PN</b>	<b>22,22</b>	<b>52,33</b>	<b>37,44</b>	<b>0,69</b>	<b>0,48</b>	<b>0,52</b>	<b>335,33</b>	<b>387,78</b>	<b>358,44</b>	<b>3,78</b>	<b>4,31</b>	<b>4,10</b>
AY05	33,00	55,67	37,67	0,30	0,33	0,31	321,00	362,67	307,00	3,80	4,40	4,37
BZ07	19,33	46,67	33,00	0,88	0,56	0,60	360,67	404,00	394,67	3,83	4,27	4,03
VZY32	14,33	54,67	41,67	0,90	0,54	0,66	324,33	396,67	373,67	3,70	4,27	3,90
<b>M</b>	<b>100,40</b>	<b>74,20</b>	<b>130,20</b>	<b>0,32</b>	<b>0,43</b>	<b>0,34</b>	<b>363,00</b>	<b>407,60</b>	<b>442,20</b>	<b>3,86</b>	<b>4,20</b>	<b>4,76</b>
VD06	106,00	56,50	96,50	0,29	0,57	0,27	314,00	410,00	417,50	3,75	4,20	4,60
ST13	96,67	86,00	152,67	0,34	0,34	0,39	395,67	406,00	458,67	3,93	4,20	4,87
<b>CH</b>	<b>88,50</b>	<b>56,00</b>	<b>160,00</b>	<b>0,31</b>	<b>0,19</b>	<b>0,36</b>	<b>443,50</b>	<b>428,00</b>	<b>468,00</b>	<b>4,85</b>	<b>5,00</b>	<b>6,20</b>
VT54	88,50	56,00	160,00	0,31	0,19	0,36	443,50	428,00	468,00	4,85	5,00	6,20
<b>Total</b>	<b>54,94</b>	<b>59,63</b>	<b>76,53</b>	<b>0,53</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>	<b>357,50</b>	<b>399,00</b>	<b>393,67</b>	<b>3,94</b>	<b>4,36</b>	<b>4,46</b>

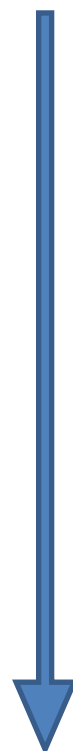
M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin , valeur rouge : unique moyenne pour laquelle M0 est la modalité qui présente la concentration la plus élevée

V. Annexe 5 : Tableau en référence à la partie sur la nutrition minérale des placettes

Tableau XX : Mesures par placette des teneurs en potassium, magnésium et du rapport K/Mg

	Potassium (‰ MS)			Magnésium (‰ MS)			K/Mg		
	M0	M1	M2	M0	M1	M2	M0	M1	M2
<b>faible</b>	<b>14,240</b>	<b>17,380</b>	<b>18,700</b>	<b>8,200</b>	<b>8,100</b>	<b>7,820</b>	<b>2,469</b>	<b>3,178</b>	<b>2,689</b>
AY05	19,900	25,400	24,400	6,100	6,200	7,500	3,262	4,097	3,253
BZ07	26,900	27,700	14,600	4,700	4,100	7,000	5,723	6,756	2,086
VZY32	12,300	21,900	23,400	5,800	5,700	5,100	2,121	3,842	4,588
ST13	9,100	7,500	17,600	8,700	8,100	7,300	1,046	0,926	2,411
VD06	3,000	4,400	13,500	15,700	16,400	12,200	0,191	0,268	1,107
<b>moyen</b>	<b>16,400</b>	<b>20,867</b>	<b>23,250</b>	<b>6,967</b>	<b>6,267</b>	<b>6,133</b>	<b>2,744</b>	<b>3,582</b>	<b>4,189</b>
AY05	22,500	26,400	25,000	6,100	6,000	7,600	3,689	4,400	3,289
BZ07	21,900	18,400	25,300	5,600	6,500	4,600	3,911	2,831	5,500
VZY32	8,500	16,700	16,800	5,000	6,000	5,700	1,700	2,783	2,947
ST13	7,200	16,000	16,700	9,900	6,100	6,400	0,727	2,623	2,609
VD06	6,700	14,000	19,600	9,700	8,300	8,200	0,691	1,687	2,390
VT54	31,600	33,700	36,100	5,500	4,700	4,300	5,745	7,170	8,395
<b>fort</b>	<b>29,240</b>	<b>28,560</b>	<b>24,620</b>	<b>5,140</b>	<b>4,780</b>	<b>5,800</b>	<b>6,099</b>	<b>6,092</b>	<b>5,231</b>
AY05	27,300	35,400	18,400	5,200	5,300	8,700	5,250	6,679	2,115
BZ07	30,900	22,900	26,000	6,200	5,100	5,000	4,984	4,490	5,200
VZY32	26,200	36,100	23,600	3,500	4,100	3,700	7,486	8,805	6,378
ST13	22,400	18,900	16,900	6,600	5,000	7,900	3,394	3,780	2,139
VT54	39,400	29,500	38,200	4,200	4,400	3,700	9,381	6,705	10,324
<b>Total</b>	<b>19,738</b>	<b>22,181</b>	<b>22,256</b>	<b>6,781</b>	<b>6,375</b>	<b>6,556</b>	<b>3,706</b>	<b>4,240</b>	<b>4,046</b>

M0= Témoin enherbé tous les inter-rangs, M1= Travail du sol en plein 1 inter-rang sur 2 ; M2= Travail du sol en plein un inter-rang sur 2 jusqu'en mai/juin , valeur rouge : Valeurs extrêmes des parcelles ST13 et VD06. Flèche bleu : mise en évidence de la tendance à l'augmentation des teneurs des éléments et du rapport K/Mg avec la classe de vigueur



## **Impacts de différentes modalités d'enherbement sur la vigueur et le fonctionnement de la vigne en Champagne**

### **Résumé :**

*Trois modalités d'enherbement sont testées au sein du vignoble Veuve Clicquot afin de mettre en évidence leurs effets sur le fonctionnement de la vigne en fonction de trois classes de vigueur.*

*Le témoin est un enherbement tous les inter-rangs. La deuxième modalité est un enherbement un inter-rang sur deux dont l'inter-rang désherbé est entretenu jusqu'à véraison. La dernière modalité est un enherbement un inter-rang sur deux entretenu jusqu'en mai/juin. Les inter-rangs enherbés sont gérés par tonte, les désherbages sous le rang et dans les inter-rangs sont réalisés mécaniquement.*

*Trois classes de vigueur ont été définies au sein de trois parcelles de Pinots noirs, deux de Meuniers et une de Chardonnays. Les classes ont été déterminées à partir de cartes de diamètre des sarments et d'indice de biomasse de bois issues des données Physiocap acquises en 2014. Chaque modalité d'enherbement croisée aux trois niveaux de vigueur a été testée par parcelle.*

*Les effets de l'enherbement ont été suivis par plusieurs paramètres en lien avec l'équilibre nutritionnel des vignes et sur des composantes quantitatives et qualitatives de la vendange.*

*Aucun résultat significatif n'a pu être observé lors de cette première année d'expérimentation. Une tendance se dessine à l'échelle globale du réseau d'observation. La modalité témoin présente des teneurs azotées les plus faibles, un déséquilibre nutritionnel plus marqué, un rendement moindre, un TAP inférieur et un meilleur état sanitaire. La différence du témoin avec les deux autres modalités tend à se lisser pour la classe de vigueur forte. Aucune tendance n'a pu être mise en avant entre les deux autres modalités.*

**Mots-clés :** *Enherbement, vigueur, Physiocap,*

## **Effects of different grass covering treatments on vigour and vine performance in Champagne vineyard**

### **Abstract:**

*Three grass covering treatments are tested among the Veuve Clicquot Vineyard in order to assess their effects on the vine performance according three vigour levels. The control treatment is a permanent grass cover in all the inter-rows. The second treatment is a permanent grass covered inter-row alternate with an inter-row mechanically weeded until the grapes start ripen, the third is a permanent grass covered inter-row alternate with an inter-row mechanically weeded until May/June. All the rows are mechanically weeded. Grass-covered inter-rows are mowed.*

*Three vigour levels were defined based on wood-biomass and cane diameter maps. These data derived from Physiocap 2014 measurements. The three treatments were tested among three Pinots, two Meuniers and one Chardonnays parcels, showing the three vigour levels within them.*

*Treatment effects were assessed through several criteria linked with nutritional balance of the vines and with yield and grape quality.*

*Any significant result was observed for with first year of experiment. A trend seems to appear with the control treatment, that shows lower nitrogen concentrations, a more pronounced nutritional unbalance, a lower yield, a lower alcoholic potential but a healthier harvest than the two other treatments. Differences between treatments seem to subside with the higher vigour level. Any difference was observed between the two other treatments.*

**Keywords:** *Grass covering system, vine vigour, Physiocap*