



HAL
open science

Effeillage Précoce : efficacité dans le cadre de la lutte phytosanitaire et effets sur la maturité en Champagne

Alexandra Hervé

► **To cite this version:**

Alexandra Hervé. Effeillage Précoce : efficacité dans le cadre de la lutte phytosanitaire et effets sur la maturité en Champagne. Agronomie. 2019. dumas-02971387

HAL Id: dumas-02971387

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02971387>

Submitted on 26 Oct 2020

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

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

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté pour l'obtention du DIPLÔME D'INGENIEUR AGRONOME

Spécialisation : Viticulture Œnologie



Effeillage précoce : Efficacité dans le cadre de la lutte phytosanitaire et Effets sur la maturité en Champagne

par

Alexandra HERVE

Année de soutenance : 2019

Organisme d'accueil : Maison Veuve Clicquot Ponsardin

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté pour l'obtention du DIPLÔME D'INGENIEUR AGRONOME

Spécialisation : Viticulture Œnologie



Effeillage précoce : Efficacité dans le cadre de la lutte phytosanitaire et Effets sur la maturité en Champagne

par

Alexandra HERVE

Mémoire préparé sous la direction de :
Monsieur Florent PANTIN

Organisme d'accueil :
Veuve Clicquot Ponsardin

Présenté le : 05/11/2019

Maître de stage :
Léa MANCEAU

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Léa Manceau, mon maître de stage. Elle a su m'accompagner tout au long de ses six mois de stage. Elle m'a permis de m'investir à ses côtés dans les essais de développement du vignoble. Chaque journée était conduite par son entrain, sa bonne humeur et ses motivations. Toujours à l'écoute, et très réactive de mes sollicitations, elle m'a permis de m'épanouir au sein du vignoble.

Ensuite je remercie Antoine Dauphin, responsable développement vignoble, pour avoir toujours répondu à mes demandes et mes interrogations, et toujours prêt à partager la richesse de ses expériences.

Je remercie également Romain Le Guillou pour m'avoir permis d'intégrer le pôle direction vignoble et m'avoir donné un bel exemple à suivre sur l'aspect technique et humain pour la gestion d'un vignoble.

Un grand merci aux chefs de secteurs Luc Chevallier, Marcelin Massy et Vianney Deschamps, ainsi qu'à l'ensemble des contremaitres, pour leurs expériences partagées, leurs disponibilités, leur accueil et leur réactivité. Sans eux la mise en place et le bon déroulement des essais n'auraient pas été possibles.

Merci aux Assistants Techniques Vendanges pour leur grande aide à la vendange pour le prélèvement des essais.

Merci à Elodie Thierart pour sa disponibilité et pour avoir rattrapé mes petites erreurs de manipulation d'E-cep.

Merci à Patrice Colteau pour le temps pris à partager sa connaissance pointue de l'ensemble du parc matériel.

Merci à Melina Vallet, Sonia Lévêque et Nathalie Giacomini pour leur soutiens et leur bonne humeur au quotidien.

Enfin, merci à Florent Pantin qui a tout d'abord accepté de me tutorer après modification de mon sujet de stage. Merci pour sa grande réactivité, les réponses à mes multiples questions et son accompagnement dans la construction de mon rapport.

Table des matières

Remerciements.....	4
Sigles et abréviations.....	7
Table des Illustrations.....	8
Introduction	1
Partie 1 : Contexte de l'étude et État de l'art	3
1. Mise en situation : le contexte d'étude.....	3
1.1 La Champagne Viticole	3
1.1.1 Le terroir Champenois	3
1.1.2 L'AOC Champagne.....	3
1.1.3 Les acteurs	5
1.1.4 Viticulture durable en Champagne : des pratiques en évolution.....	5
1.2 Le vignoble Veuve Clicquot.....	5
1.2.1 Matériel végétal.....	5
1.2.2 Vers des pratiques plus durables chez Veuve Clicquot.....	7
2. Les maladies fongiques	7
2.1 Biologie.....	9
2.1.1 Botrytis cinerea	9
2.1.2 Oïdium	9
2.2 Facteurs de développement.....	9
2.2.1 Botrytis cinerea	9
2.2.2 Oïdium	13
2.3 Maladie, symptômes et nuisibilité.....	15
2.3.1 Botrytis cinerea	15
2.3.2 Oïdium	15
2.4 Stratégie globale de lutte contre les maladies fongiques	17
2.4.1 Une lutte chimique	17
2.4.2 Différentes pratiques culturales comme méthodes prophylactiques.....	21
3. L'effeuillage.....	23
3.1 Principe.....	23
3.2 Matériels.....	23
3.4.1 Pneumatique.....	23
3.4.2 Aspiration.....	25
3.3 Choix de la période d'effeuillage, du matériel et précautions d'effeuillage.....	25
3.4 Conséquences d'un effeuillage précoce.....	27
3.4.1 Modification de l'environnement microclimatique au niveau de la zone fructifère lors d'un effeuillage.....	27
3.4.2 Conditions de pulvérisation.....	27
3.4.3 Bilan carboné, rendement et impact sur la maturation de baies.....	27
3.4.4 Cas particulier de l'échaudage.....	29
4. Historique des essais sur l'effeuillage en Champagne	29
5. Problématisation, hypothèses et démarches de l'étude	31

Partie 2 : Matériels et méthodes	33
1. Parcelles et plan d'expérimentation	33
2. Indicateurs et matériel.....	33
2.1 Évaluation de la qualité de l'effeuillage	33
2.1.1 Mesure du taux d'effeuillage	33
2.1.2 Impact de l'effeuillage sur la qualité de pulvérisation.....	35
2.1.3 Influence de l'effeuillage sur le phénomène d'échaudage	35
2.2 Mesure des paramètres micro environnementaux de la grappe	35
2.3 Évaluation de la vendange	37
2.4 Exploitation des données	37
2.4.1 JMP : le logiciel statistique utilisé.....	37
2.4.2 Rappel sur les tests statistiques et les analyses statistiques multivariées	37
Partie 3 : Résultats et discussions	39
1. Influence de l'effeuillage sur la vigne durant la campagne végétative	39
1.1 L'effeuillage permet de diminuer la densité du rideau végétatif	39
1.2 L'effeuillage est un facteur améliorateur de la qualité de pulvérisation.....	41
1.3 Évaluation de l'impact de l'échaudage sur les grappes en fonction de l'effeuillage.....	41
2. Influence de l'effeuillage sur la qualité de la vendange	43
2.1 Influence de l'effeuillage sur l'état sanitaire du raisin à la vendange	43
2.2 Influence de l'effeuillage sur les différents paramètres analytiques à la vendange	53
3. Perspective d'amélioration, critique et discussion	55
Conclusion	59
Webographie	60
Bibliographie	62
Tables des Annexes	64

Sigles et abréviations

ANOVA : Analysis Of Variance

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

COMITÉ CHAMPAGNE : Comité Interprofessionnel des Vins De Champagne

IFV : Institut Français de la Vigne et du Vin

INRA : Institut National De Recherche Agronomique

ITV : Institut Technique de la Vigne et du Vin

TAB : Traitement Anti-Botrytis

VCP : Veuve Clicquot Ponsardin

OIV : Organisation Internationale de la Vigne et du Vin

UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

CC : Comité Champagne

HVE : Haute Valeur Environnementale

AB : Agriculture Biologique

PRB : Potentiel de Réceptivité des Baies

CMR : cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques

EFF : Effeillé

NEFF : Non-Effeillé

VForté : Vigueur Forte

Vfaible : Vigueur Faible

0TAB : 0 application de traitement anti botrytis

1TAB : 1 application de traitement anti botrytis

2TAB : 2 applications de traitements anti botrytis

Table des Illustrations

FIGURE 1 : CARTE GEOGRAPHIQUE DES QUATRE GRANDES REGIONS VITICOLES ET DES CRUS DE LA CHAMPAGNE (CIVC, 2019), ET FOSSES PEDOLOGIQUES ASSOCIEES (A. HERVE, 2019)	2
FIGURE 2 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU PHYSIOCAP (MATEVI, 2016)	4
FIGURE 3 : PART DES NEGOCES DANS LES SURFACES ET LES VENTES DE CHAMPAGNES (AM CLICQUOT, 2014).....	4
FIGURE 4 : REPARTITION DU VIGNOBLE VEUVE CLICQUOT (A. HERVE,2019)	4
FIGURE 5 : ÉVOLUTION DE LA GESTION DES ADVENTICES SOUS LE RANG (CLICQUOT 2018)	6
FIGURE 6 : CYCLE BIOLOGIQUE DE BOTRYTIS CINEREA (UMRSV INRA-ENITA DE BORDEAUX).....	8
FIGURE 7 : CYCLE D'ERISYPHE NECATOR (SCHNEE, 2008)	8
FIGURE 8 : FACTEURS D'INFLUENCE DU DEVELOPPEMENT DE BOTRYTIS CINEREA (A. HERVE).....	10
FIGURE 9 LIAISON ENTRE QUELQUES PARAMETRES DE LA CROISSANCE ET DU DEVELOPPEMENT (CHAMPAGNOL, 1984)	10
FIGURE 10 : SYMPTOMES DE LA CONTAMINATION PAR BOTRYTIS CINEREA (HTTP://EPHYTIA.INRA.FR).....	14
FIGURE 11 : SYMPTOMES DE LA CONTAMINATION PAR L'OÏDIUM (HTTP://EPHYTIA.INRA.FR)	16
FIGURE 12 : DEGATS DE POURRITURE SELON LE STADE D'APPLICATION DU FONGICIDE ANTI-BOTRYTIS ; MOYENNE DE 9 ESSAIS COMITE CHAMPAGNE (VIGNERONS CHAMPENOIS, 2019).....	18
FIGURE 13 : PULVERISATEUR JET PORTE AVEC RAMPES DESCENDANT DANS LE RANG (A. HERVE).....	18
FIGURE 14 : EFFEUILLEUSE PNEUMATIQUE COLLARD.....	22
FIGURE 15 : EFFEUILLEUSE PAR ASPIRATION TYPE POVITIS.....	24
FIGURE 16 : QUANTIFICATION DES PERTES DE PRODUCTION EN FONCTION DU POURCENTAGE D'ATTEINTE PAR LA POURRITURE GRISE (SOURCE : CHAMBRE D'AGRICULTURE GIRONDE 33).....	26
FIGURE 17 : CARTE D'EXPLOITATION PHYSIOCAP DONNANT LES MESURES DE BIOMASSES MOYENNE SUR LA PARCELLE ST02 (VCP,2019).....	32
FIGURE 18 : REPARTITION SPATIALE DES MODALITES D'ETUDE SUR LA PARCELLE ST 02.....	32
FIGURE 19 : PLAN D'EXPERIMENTATION DECRIVANT LES DIFFERENTES MODALITES SUR PG01 (A. HERVE, 2019)	32
FIGURE 20 : EXEMPLE DE POSITIONNEMENT DE CAPTEUR LEAFCROP (A. HERVE, 2019).....	34
FIGURE 21 : ÉVALUATION DE LA DENSITE DU RIDEAU VEGETATIF EN FONCTION DES DIFFERENTES MODALITES DE VIGUEUR ET D'EFFEUILLAGES (JMP, 2019).....	38
FIGURE 22 : RESULTATS DU TEST DE PULVERISATION AUX PAPIERS HYDROSENSIBLES (A. HERVE,2019).....	40
FIGURE 23 : COMPARAISON DES DIFFÉRENTS EFFETS DE LA VIGUEUR ET DE L'EFFEUILLAGES SUR L'ÉCHAUDAGE (JMP, 2019)	40
FIGURE 24 : INFLUENCE DE L'ORIENTATION DES RANGS SUR LE TAUX D'ÉCHAUDAGE (JMP,2019).....	42
FIGURE 25 : FREQUENCE ET INTENSITE D'ATTAQUE DE BOTRYTIS EN FONCTION DE LA VIGUEUR ET DE L'EFFEUILLAGES (JMP, 2019)	42
FIGURE 26 : FREQUENCE ET INTENSITE DES ATTAQUES BOTRYTIS EN FONCTION DE L'EFFEUILLAGES ET DU NOMBRE DE TRAITEMENTS (JMP, 2019)	44
FIGURE 27 : VARIATIONS DES TEMPERATURES SUR LA PERIODE DU 19 AOUT AU 15 SEPTEMBRE EN FONCTION DE LA VIGUEUR ET DE L'EFFEUILLAGES (JMP, 2019)	46
FIGURE 28 : VARIATIONS DES HUMIDITÉS RELATIVES SUR LA PERIODE DU 19 AOUT AU 15 SEPTEMBRE EN FONCTION DE LA VIGUEUR ET DE L'EFFEUILLAGES (SENCROP, 2019).....	46
FIGURE 29 : FREQUENCE ET INTENSITE D'ATTAQUE D'OÏDIUM EN FONCTION DE L'EFFEUILLAGES (JMP, 2019)	50

FIGURE 30 : FREQUENCE ET INTENSITE D'ATTAQUE D'OÏDIUM EN FONCTION DE L'EFFEUILLAGE PAR PARCELLE (JMP, 2019)	50
FIGURE 31 : CORRELATION ENTRE LE POIDS DES GRAPPES ET L'INTENSITÉ D'ATTAQUE DE L'OÏDIUM (JMP, 2019).....	52
FIGURE 32 : ÉVOLUTION DES DIFFERENTS PARAMETRES D'ACIDITE DU 29/08 AU 12/09 SUR LA PARCELLE ST02 POUR LES DIFFERENTES MODALITES D'EFFEUILLAGE ET DE VIGUEUR (JMP, 2019).....	52
FIGURE 33 : ÉVOLUTION DES DIFFERENTS PARAMETRES D'ACIDITE DU 29/08 AU 12/09 SUR LA PARCELLE ST02 POUR LES DIFFERENTES MODALITES D'EFFEUILLAGE ET DE VIGUEUR (JMP, 2019).....	52
FIGURE 34 : ACIDITÉ TOTALE MESURÉE À LA VENDANGE PAR PARCELLE EN FONCTION DES MODALITÉS EFF ET NEFF (JMP, 2019)	54
FIGURE 35 : ACIDITÉ TARTRIQUE MESURÉE À LA VENDANGE PAR PARCELLE EN FONCTION DES MODALITÉS EFF ET NEFF (JMP, 2019)	54
TABLEAU 1 : PRINCIPALES SPECIFICITES DE L'AOC CHAMPAGNE (CC, 2017).....	2
TABLEAU 2 : REPARTITION DES DIFFERENTS CEPAGES SUR LE VIGNOBLE CLICQUOT ET LE VIGNOBLE CHAMPENOIS (A. HERVE,2019).....	6
TABLEAU 3 : TABLEAU EXPLICATIF DES DIFFERENCES ENTRE VIGUEUR ET EXPRESSION VEGETATIVE (A. HERVE; BRANAS, 1946)	12
TABLEAU 4 : RESUME DES DESCRIPTIFS TECHNIQUES DES PRODUITS UTILISES DANS LA PROTECTION ANTI-BOTRYTIS (A. HERVE)	16
TABLEAU 5 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFÉRENTES EFFEUILLEUSES (MHCS, 2015).....	24
TABLEAU 6 : DESCRIPTIF TECNIQUE DES DEUX PARCELLES D'ETUDE (A. HERVE).....	32
TABLEAU 7 : RESULTATS D'ANALYSE DU CALCUL $T^{\circ} VF - T^{\circ} VF$ SUR LA PERIODE DU 8 JUILLET AU 2 SEPTEMBRE (A. HERVE,2019)	47
TABLEAU 8 : RESULTATS D'ANALYSE DU CALCUL $HRVF - HRVf$ SUR LA PERIODE DU 8 JUILLET AU 2 SEPTEMBRE (A. HERVE,2019).....	47
TABLEAU 9 : RESULTATS D'ANALYSE DU CALCUL $T^{\circ} NEFF - T^{\circ} EFF$ SUR LA PERIODE DU 8 JUILLET AU 2 SEPTEMBRE (A. HERVE,2019).....	49
TABLEAU 10 : RESULTATS D'ANALYSE DU CALCUL HR (NEFF-EFF) SUR LA PERIODE DU 8 JUILLET AU 2 SEPTEMBRE (A. HERVE,2019).....	49
TABLEAU 11 : RESULTATS D'ANALYSE DU CALCUL $\bar{T}^{\circ} VF - T^{\circ} VF$ ET $\bar{H}RHF - HRVF$ SUR LA PERIODE DU 5 AU 18 SEPTEMBRE (A. HERVE,2019).....	49

Introduction

La question de l'impact des activités viticoles sur l'environnement et la santé est au centre des débats. Avec le changement climatique, la pression des maladies fongiques diminue en Champagne. Malgré tout, certaines années comme 2012, 2015 ou 2019 ont été très touchées par l'oïdium, et 2017 a subi une perte de rendement de 20% à cause de Botrytis cinerea. (Comité Champagne, 2019).

La maison Veuve Clicquot est depuis plus de 30 ans impliquée dans une démarche de viticulture durable. Cela a commencé avec la lutte biologique, par confusion sexuelle, contre les ravageurs de la vigne. En 2018, elle atteint l'objectif de supprimer les herbicides sur l'ensemble de son vignoble, montrant sa volonté d'une viticulture respectueuse, cela après le nouveau recul de l'interdiction de l'utilisation du glyphosate en Europe (EFSA, 2019). Aucun produit CMR n'est utilisé sur le vignoble Veuve Clicquot, et la maison a diminué de moitié son nombre de passages de traitements depuis 2006 : 10 traitements en moyenne (source interne).

Si la lutte phytosanitaire est autant présente, c'est parce que le climat champenois est très favorable au développement des maladies fongiques telles que Botrytis cinerea ou l'Oïdium. S'ajoute à cela des cépages phares (Chardonnay, Pinot noir et Meunier) présentant chacun une forte sensibilité à l'une ou l'autre des maladies.

La vigueur et l'expression végétative de la vigne sont des facteurs influençant le développement de ces maladies. Une forte vigueur associée à une forte densité foliaire agit en faveur d'un microclimat chaud et humide propice aux champignons (Fermaud et al., 2011). Celle-ci est très étudiée sur le vignoble Veuve Clicquot. A l'aide du Physiocap®, l'ensemble des parcelles sont cartographiées et référencées selon leur gradient de vigueur.

Aujourd'hui, le contrôle de Botrytis cinerea se fait par les applications successives de deux traitements anti-botrytis (à la chute des capuchons floraux puis à la fermeture de la grappe). Les produits utilisés sont sources de risques pour la santé de l'utilisateur, du consommateur et pour l'environnement. Dubernet et al. (2015) montrent que des résidus de fongicides sont retrouvés dans les vins. C'est pourquoi il est important de trouver des méthodes alternatives à la lutte chimique.

L'effeuillage précoce consiste en la suppression d'une partie des feuilles de la canopée. Cela permet d'exposer et d'aérer davantage la zone des grappes. Nous cherchons à comprendre pourquoi l'effeuillage est un levier au développement de la pourriture grise et de l'Oïdium.

Dans un premier temps nous exposerons le contexte, les problématiques et l'état de l'art sur les maladies fongiques et l'effeuillage précoce. Ensuite, en seconde partie, nous présenterons les matériels et méthodes utilisés pour mener à bien les essais de cette étude. Enfin, dans une dernière partie nous donnerons les résultats de l'influence de l'effeuillage sur la vigne durant la campagne végétative, ainsi que sur la qualité de la vendange.

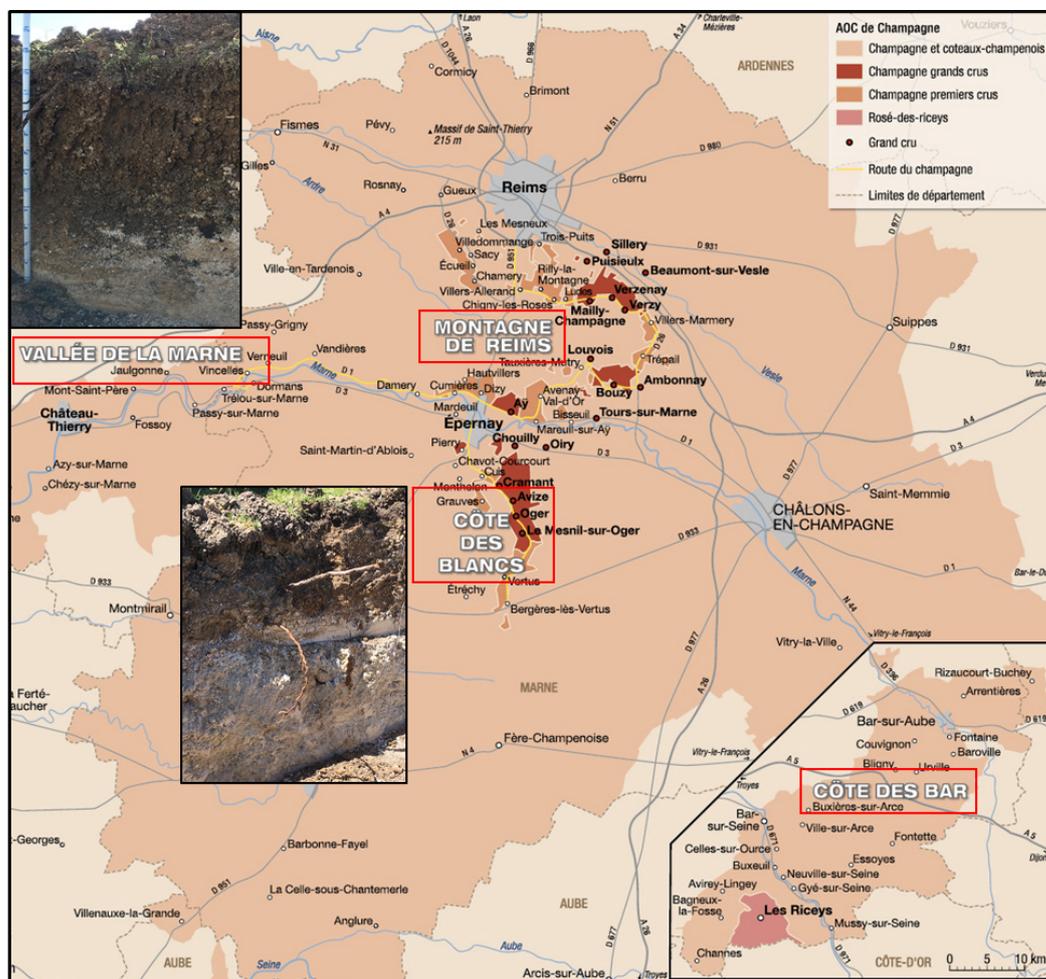


Figure 1 Carte géographique des quatre grandes régions viticoles et des crus de la Champagne (CIVC, 2019), et fosses pédologiques associées (A. Hervé, 2019)

Tableau 1 Principales spécificités de l'AOC Champagne (CC, 2017)

Règles de viticulture	Zone strictement délimitée	AOC champagne = 34 600 ha dont 33600 productives.
	Cépages autorisé	chardonnay, pinot noir, meunier, pinot blanc, pinot gris, arbane, petit meslier
	Porte-Greffe adapté	41B (sols calcaires), Fercal
	Taille	Royat, Chablis, Guyot, Vallée de la Marne
Règles de vendange	Plantation	8000 à 9000 plants/ha Ecartement entre les rangs <1.50m 0.9m<écartement entre le cep<1.50m
	Chantier de cueillette	Vendanges manuelles, date de début fixé par l'article D. 645-6 du code rural et de la pêche maritime.
	Rendement	Fixé annuellement par le CIVC, en 2017 : 10 300 kg/ha + 500 kg/ha de réserve.
Règles de pressurage	Degré	TAV naturel minimum de 9° vol.
		Pour un marc (=4000 kg) de raisin : cuvée = 2050 hL et taille = 500L pour un total de 2550 L. Le reste est livré en distillerie ?
Règles à chaque étape du processus d'élaboration	Deuxième fermentation en bouteilles et maturation sur lies pendant 15 mois minimum pour les non millésimés, 3 ans pour les millésimés	



Partie 1 : Contexte de l'étude et État de l'art

1. Mise en situation : le contexte d'étude

1.1 La Champagne Viticole

1.1.1 Le terroir Champenois

Selon la définition adoptée par l'OIV en juin 2010, le « terroir » vitivinicole est un concept qui se réfère à un espace sur lequel se développe un savoir collectif des interactions entre un milieu physique et biologique identifiable, et les pratiques vitivinicoles appliquées. Ce sont ces interactions qui confèrent des caractéristiques distinctives aux produits originaires de cet espace. Cela inclut les caractéristiques spécifiques du sol, de la topographie, du climat, du paysage et de la biodiversité. Le terroir en champagne, encore plus qu'ailleurs, par ses sols et son climat, a une identité très forte qui confère toute la typicité de ses vins.

La particularité de la Champagne est la forte teneur en calcaire de ses sols et sous-sols. La craie champenoise est une roche sédimentaire carbonatée composée par la sédimentation de squelettes de micro-organismes marins (coccolites) et de fossiles de bélemnites (mollusque vivant à l'ère secondaire). (Comité Champagne). Cette structure, très poreuse, confère au sous-sol ses propriétés de drainage et de restitution. Celles-ci permettent aux vignes un apport en eau régulé, en cas de sécheresse comme en cas de fortes pluies.

En Champagne, quatre grandes régions existent : la Montagne de Reims, la Vallée de la Marne, la Côte des Blancs, et la Côte des Bar. Chacune de ces régions se distingue par une formation pédologique différente. Par exemple, la Côte des Blancs repose sur de la craie affleurante, alors que la Montagne de Reims est sur une craie recouverte en profondeur (Comité Champagne, 2018) (*figure 1*).

En France, le vignoble champenois, classé au patrimoine mondial de l'UNESCO, est le vignoble le plus septentrional. Cette situation géographique l'amène à l'intersection de deux climats. Le premier, le climat océanique, assure un apport en eau régulier et le second, le climat continental, assure un ensoleillement favorable l'été, mais également certaines gelées destructives l'hiver (Comité Champagne, 2018). L'insolation moyenne annuelle est faible, environ 1650 heures, contre 2069 dans le Bordelais par exemple, pour une température moyenne de 11°C. La pluviométrie est plus régulière (influence océanique) et modérée (influence continentale), avec une moyenne de 533 millimètres sur les sept dernières années (Infoclimat.fr). La force de la Champagne c'est également l'implantation de son vignoble sur les coteaux ; les radiations reçues sont supérieures à celle reçues en plaine. L'exposition est souvent sud ou sud-est.

1.1.2 L'AOC Champagne

L'AOC champagne est créée le 29 Juin 1936. Le *tableau 1* résume les règles établies. Le cahier des charges autorise sept cépages, mais en réalité les terres sont essentiellement plantées en Pinot Noir (38%), Meunier (32%) et Chardonnay (30%). Les vignes sont très largement plantées sur le porte-greffe



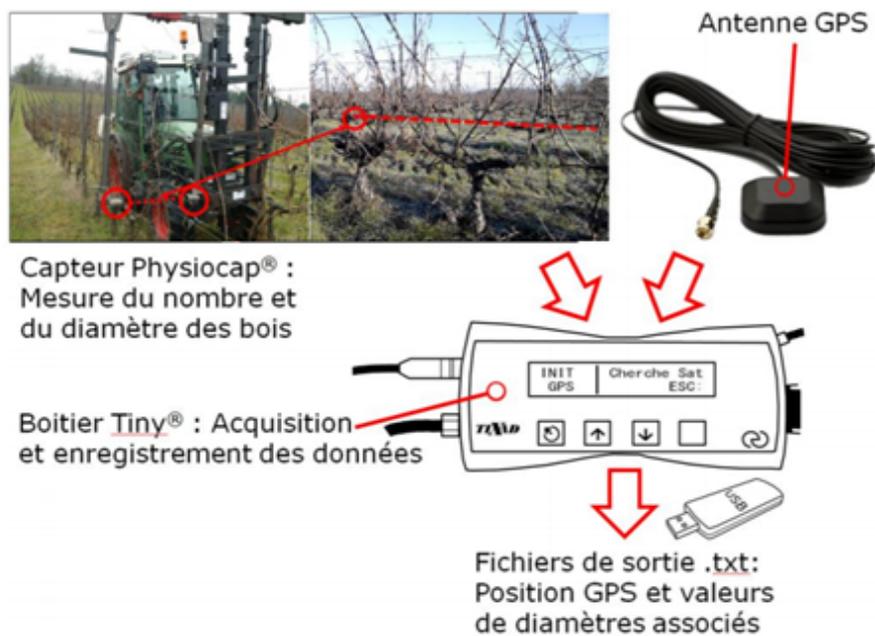


Figure 7 Principe de fonctionnement du Physiocap (Matevi, 2016)

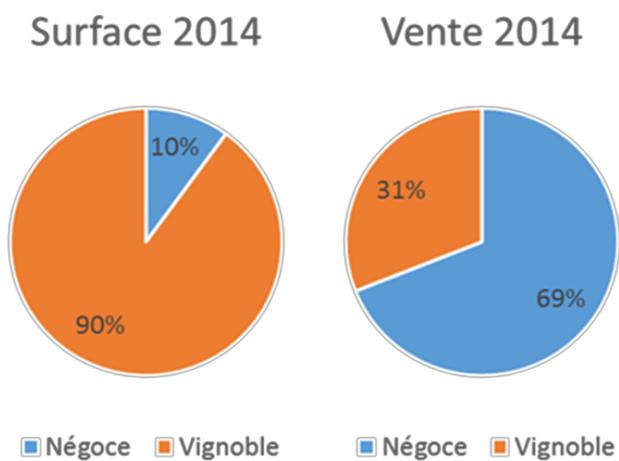


Figure 7 Part des négociés dans les surfaces et les ventes de champagnes (AM Clicquot, 2014)

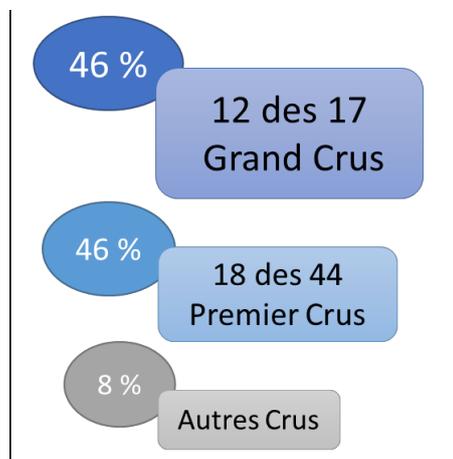


Figure 7 Répartition du vignoble Veuve Clicquot (A. Herve)

41B avec 81% des surfaces (Comité Champagne, 2016). Il s'impose pour sa résistance à de forts pourcentages en calcaire actif.

1.1.3 Les acteurs

Le Comité Champagne est un acteur incontournable de la filière. Il rassemble les vigneron et les maisons, et assure un rôle de protection de l'appellation ainsi que de contrôle et de conseils auprès des viticulteurs et des vigneron. En parallèle, il participe au développement de la filière et aux suivis des avancées technologiques au sein des vignobles. Par exemple, il a été précurseur et grand acteur du développement du Physiocap® (*figure 2*), un capteur permettant de mesurer la vigueur de la vigne. Le Comité Champagne participe également au maintien de la bonne entente entre les vigneron et les négociants. En effet, le vignoble comprend 15 000 vigneron exploitants qu'il s'agisse de récoltants-manipulant, de récoltants seuls ou de coopérateurs. On compte en tout 140 coopératives et plus de 320 maisons de champagnes. La renommée du champagne dans le monde est principalement due à ces négociants qui possèdent seulement 10% des surfaces mais réalisent presque 70% des ventes (*figure 3*) (AM Clicquot, 2014)

1.1.4 Viticulture durable en Champagne : des pratiques en évolution

Depuis le début des années 2000, un réel changement des pratiques culturales s'est observé en Champagne. De nouvelles stratégies de management environnemental sont mises en place avec des objectifs forts d'ici 2030. Ces changements de pratiques se font sur plusieurs années. Des certifications telles que ISO 14001, existent pour les exploitants qui s'engagent dans le respect de l'environnement et de la santé. L'objectif zéro herbicide d'ici 2025 et cent pour cent des exploitations certifiées est un réel challenge. Le cahier des charges de la certification Viticulture Durable en Champagne (VDC) s'appuie directement sur des principes de développement durable, avec une démarche centrée sur trois axes d'actions : empreinte biodiversité, empreinte carbone, et empreinte eau. Ce référentiel établi par le Comité Champagne, et reconnu par le ministère de l'agriculture depuis mai 2015, couvre plus de 120 points. Aujourd'hui, après seulement trois ans, plus de 13% des surfaces du vignoble champenois sont certifiées. (Comité Champagne)

1.2 Le vignoble Veuve Clicquot

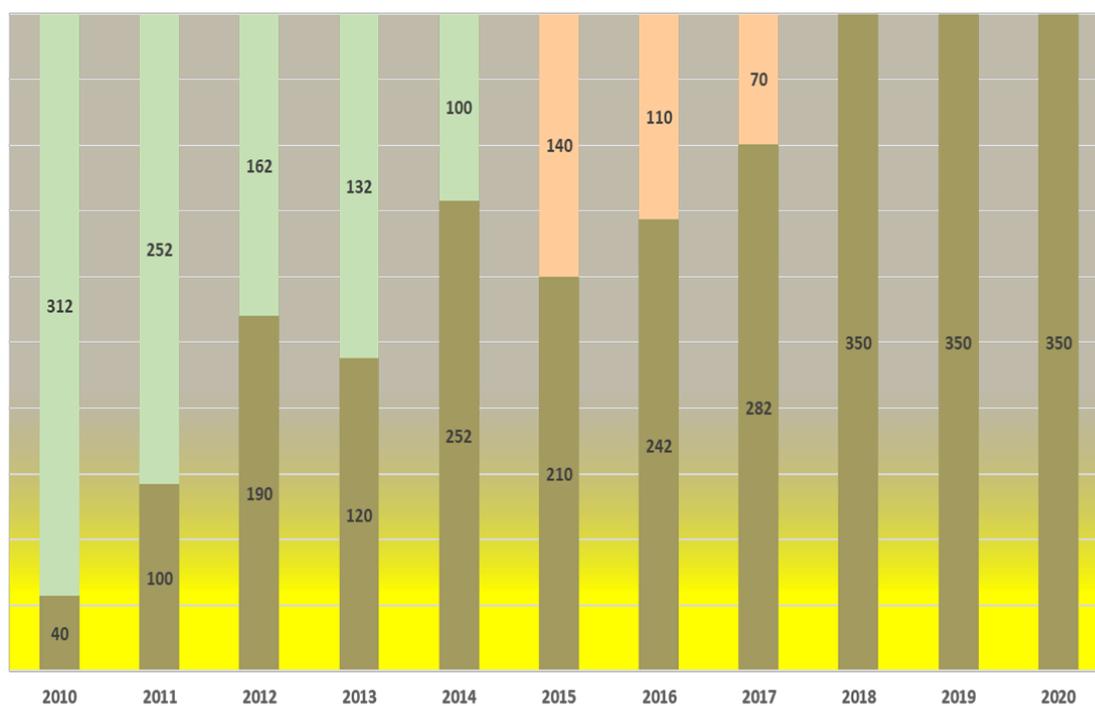
1.2.1 Matériel végétal

Le vignoble Veuve Clicquot couvre 393 hectares en pleine propriété. Il se répartit sur les trois types de cru champenois : 46% sur 12 des 17 Grands Crus, 46% sur 18 des 44 Premiers Crus et seulement 8% en autres crus (*figure 4*) Ce classement en cru est établi en fonction des caractéristiques viticoles et de la qualité des raisins obtenus. Les vignes sont situées pour la plupart à flanc de coteaux pour bénéficier du meilleur ensoleillement. Le vignoble Veuve Clicquot est constitué des trois cépages majeurs de l'AOC Champagne : le Chardonnay (49% des surfaces), le Pinot Noir (35%), et le Meunier (16%) (*tableau 2*). L'essentiel du vignoble est planté sur le porte-greffe 41B en raison de la forte teneur en calcaire actif des sols en Champagne. La plantation est faite à une densité moyenne de 8000 pieds par hectare. Le vignoble Veuve Clicquot est divisé en trois secteurs. Le secteur 12 est composé



Tableau 2 Répartition des différents cépages sur le vignoble Clicquot et le vignoble champenois (A. Herve, 2019)

	AOC Champagne	Vignoble Veuve Clicquot
Chardonnay	30%	49%
Pinot noir	38%	35%
Meunier noir	32%	16%



■ Désherbage 100% mécanisé ■ Désherbage 100% chimmique ■ Désherbage mixte

Figure 9 Évolution de la gestion des adventices sous le rang (Clicquot 2018)

essentiellement de chardonnay avec les vignobles de la côte des Blancs. Le secteur 23 est centré sur la montagne de Reims et essentiellement planté en Pinot noir. Et le secteur 40 est situé aux alentours du massif de Saint Thierry. Ce dernier est le plus petit des secteurs, et est essentiellement planté en Meunier.

1.2.2 *Vers des pratiques plus durables chez Veuve Clicquot*

Les pratiques culturales sur le vignoble maison sont aujourd'hui toutes orientées sur des pratiques de viticulture durable. Plusieurs mesures ont été adoptées. La première a été la suppression totale de l'utilisation d'insecticides. La lutte contre les ravageurs de la vigne est gérée en biocontrôle avec la mise en place de la confusion sexuelle sur l'ensemble du vignoble. Chaque année de nouveaux racks sont posés.

La gestion de l'enherbement sur les parcelles s'est faite par une transition sur dix ans (*figure 5*). Depuis 2018, le vignoble est conduit en cent pour cent zéro herbicide. L'entretien des sols se fait par une alternance entre travail mécanique et tonte de l'herbe.

Également, les conditions et la qualité de pulvérisation sont très surveillées. Le parc pulvérisateur a récemment été changé et équipé de jets portés. Cela permet de cibler beaucoup plus précisément la zone à traiter. Le vignoble est conduit en viticulture raisonnée. L'application des traitements n'est pas systématique. La décision de traiter dépend des conditions climatiques et de la pression des maladies. Le Comité Champagne accompagne la prise de décision. La maison s'est également équipée d'un pulvérisateur confiné. Celui-ci est utilisé en priorité pour les zones proches des villages ou des points d'eau.

Un projet sur l'asservissement de la pulvérisation a vu le jour en 2019. L'asservissement est déjà utilisé en agriculture mais plus compliqué à mettre en place sur une parcelle de vigne. Ce projet consiste à intégrer une carte de vigueur directement sur le tracteur ; ainsi l'ouverture et la fermeture des buses sont pilotées selon le gradient de vigueur de la parcelle.

Enfin, des essais sont menés pour la mise en place d'un programme de traitement suivant le cahier des charges de l'agriculture biologique. Ces essais s'étendent sur un total de 10 hectares. A ce jour, les résultats montrent que ces parcelles sont toujours celles avec le plus de pertes lors des attaques fongiques.

2. Les maladies fongiques

Comme ailleurs, mais tout particulièrement en Champagne, la vigne est très exposée aux maladies cryptogamiques, dont la pourriture grise et l'oïdium. Ces maladies sont très redoutées des viticulteurs en raison des dégâts qu'elles occasionnent et de leur incidence sur la vendange et la qualité des vins. Cela peut largement impacter les rendements et les qualités organoleptiques (Union girondine des vins de BDX).



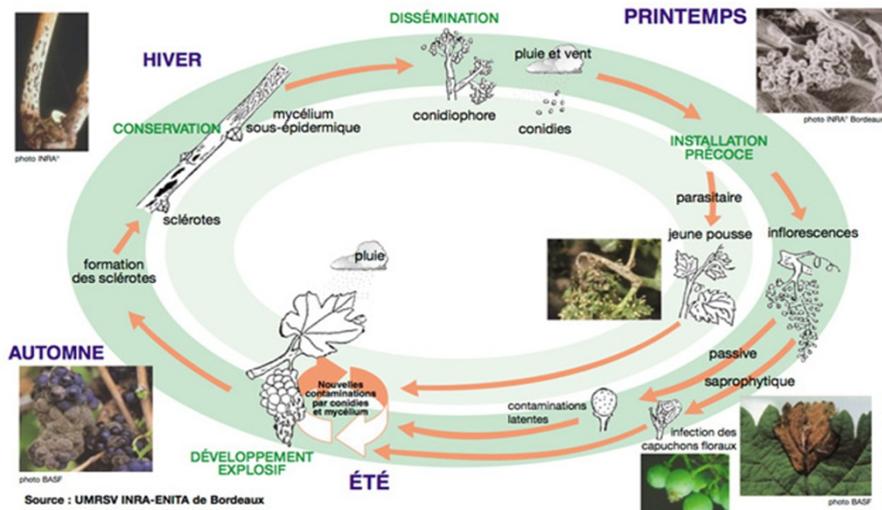


Figure 6 Cycle biologique de *Botrytis cinerea* (UMRSV INRA-ENITA de Bordeaux)

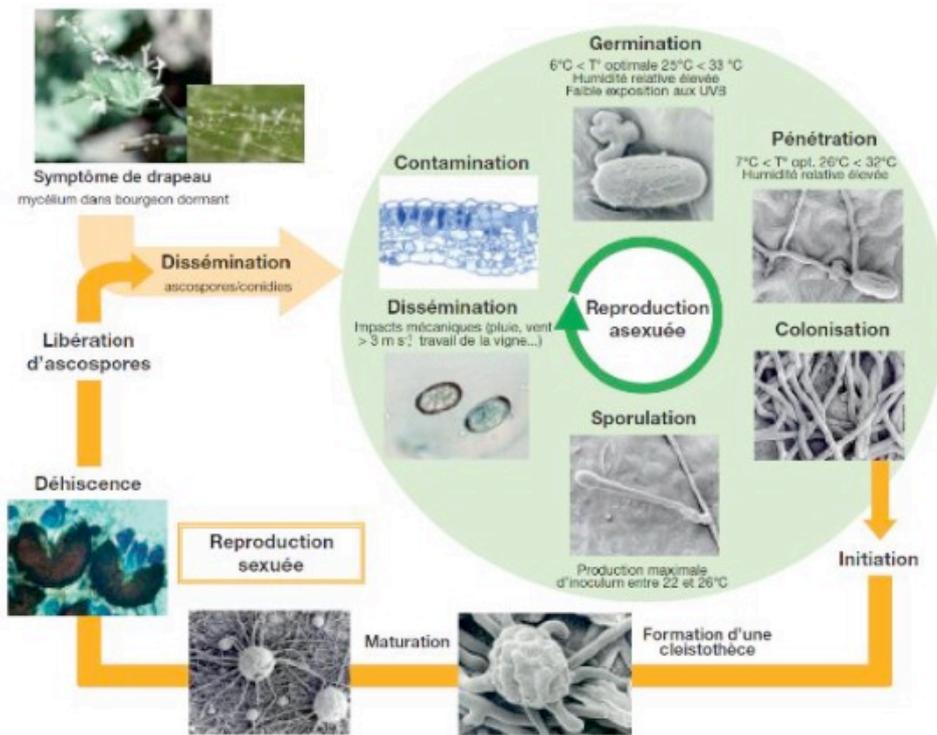


Figure 7 Cycle d'*Erysiphe necator* (Schnee, 2008)

2.1 Biologie

2.1.1 *Botrytis cinerea*

Le champignon *Botrytis cinerea* est présent sous trois formes chez *Vitis vinifera* : sclérotés, conidies et mycélium (Coertze et Holz, 1999). Ce champignon Ascomycète et polyphage (235 hôtes) appartient à la classe des Léotiomycètes, ordre des Héliotiales et à la famille des Sclerotiniaceae. (Reyes Carreno, 2016). *Botrytis cinerea* est un champignon saprophyte - il décompose la matière organique en matière minérale. Son cycle de vie s'identifie en plusieurs étapes et à différents stades végétatifs de la vigne. (Valdés Gómez – 2007). Durant l'hiver, lorsque les conditions ambiantes sont défavorables au champignon, la conservation se fait dans les feuilles mortes ou les sarments sous forme de sclérotés (organes de résistance) (J. BULIT et R. Lafont, 1983). Au printemps, les sclérotés germent et forment des conidiophores. Les conidies contenues dans les conidiophores sont disséminées par l'action mécanique du vent et de la pluie. L'installation précoce de ces inocula sur les organes végétatifs est alors une source de contamination (Coertze et Holz, 1999).

Le développement du champignon crée des inocula secondaires sous forme de mycélium ou de conidies. Cela favorise la contamination par propagation de proche en proche. Toute forme de débris végétal, particulièrement les débris floraux restant bloqués au sein de la grappe, peut servir de source de développement d'inoculum et être responsable d'infection tardive de baies saines (Northover, 1987). BULIT et LAFONT (1983) montrent que les premières conidies apparaissent dans l'air courant mai. Leur concentration reste faible jusqu'à fin août. Ce n'est qu'à partir de la véraison que la concentration en conidies dans l'air est décuplée. Elle reste élevée jusqu'à l'hiver. La *figure 6* reprend le cycle biologique complet de *Botrytis Cinerea*.

2.1.2 *Oïdium*

L'Erysiphe necator, champignon ascomycète appartenant aux Erysiphacée, est l'agent responsable de l'oïdium sur la vigne. L'oïdium est la première maladie sur vigne au niveau mondial. Le champignon est polycyclique et ectotrophe, c'est-à-dire qu'il y a plusieurs cycles asexués au cours de la campagne végétative et que le mycélium colonise la plante en surface (Neema, 2011). Le cycle de développement est décrit en *figure 7*. Le champignon combine reproduction sexuée et asexuée. Le mycélium et les cléistothèces contenant des ascospores sont conservés durant la période hivernale. Ils sont ensuite à l'origine des contaminations primaires sur les tissus verts en début de campagne (Calonnec, 2015)

2.2 Facteurs de développement

2.2.1 *Botrytis cinerea*

Le développement de botrytis est le résultat de l'interaction complexe de nombreux facteurs. Ces facteurs sont présentés en *figure 8*, et les interactions dont il est question sont développées par la suite. Les méthodes prophylactiques sont basées sur le contrôle anticipé de ces interactions afin de limiter l'établissement de conditions de développement du champignon.



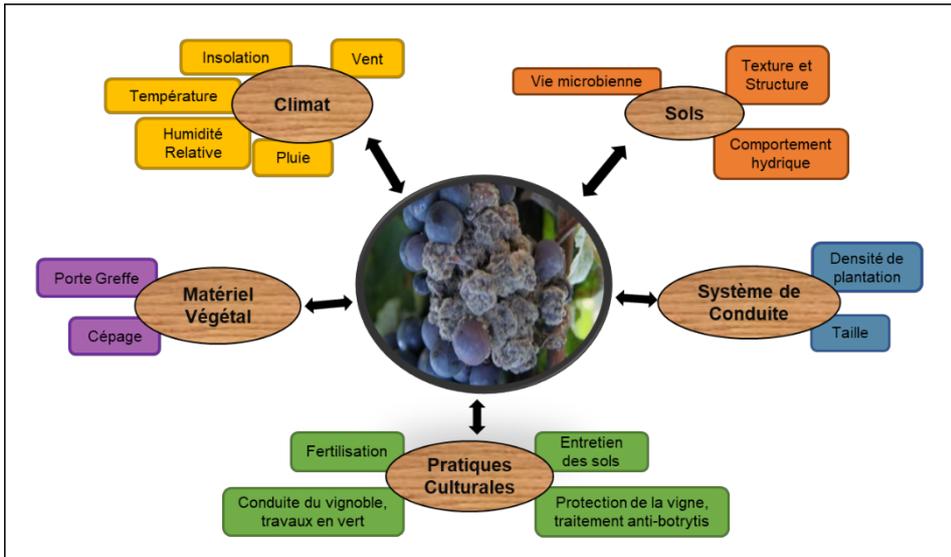


Figure 8 Facteurs d'influence du développement de *Botrytis cinerea* (A. Herve)

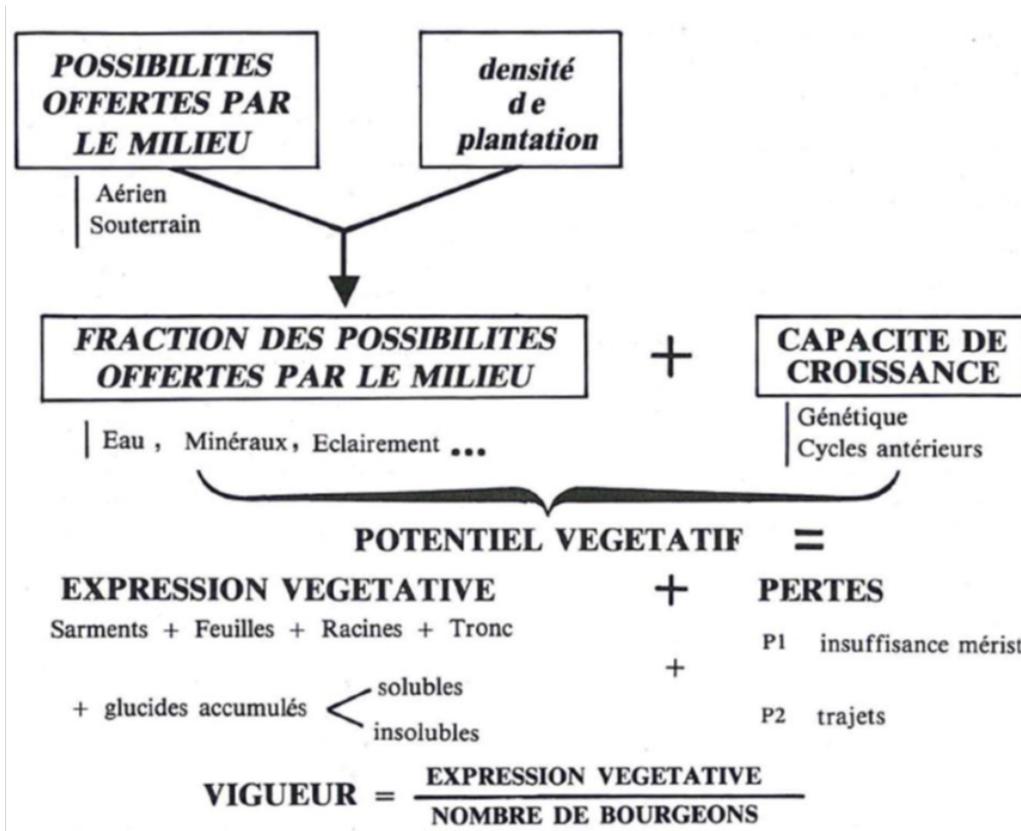


Figure 12 Liaison entre quelques paramètres de la croissance et du développement (Champagnol, 1984)

2.2.1.1 Influences des conditions climatiques et environnementales sur le développement *B. cinerea*

Plusieurs paramètres climatiques affectent positivement le *B. cinerea*, et particulièrement lorsqu'ils forment, dans la canopée et la zone fructifère, le microclimat idéal pour son développement. Les principaux facteurs sont l'humidité relative et la température. Le taux d'infection est largement favorisé par une humidité relative supérieure à 90% et le temps d'incubation est minimisé pour une température avoisinante 20 degrés Celsius. L'humectation prolongée sur deux à trois jours augmente la fréquence et l'intensité de développement du champignon. (Ciliberti, 2015). Cette sensibilité est liée à la nécessité d'eau liquide pour la germination des spores et des conidies (Fermaud et Roudet, 2015).

L'effet des blessures sur les baies favorise largement la propagation des inocula dans une grappe. Lorsqu'on se trouve à 20°C et une humidité relative supérieure à 90%, la pression sanitaire est tellement importante que l'infection est la même sur baies intègres ou abimées. Mais pour une humidité relative inférieure à 80%, le taux d'infection est multiplié par cinq lorsque les baies sont abimées (Ciliberti, 2015). Le vent et la lumière sont les deux derniers facteurs à prendre en compte. Le vent limite le temps d'humectation, car il sèche les organes. Ceci gêne la germination des conidies s'y déposant. (GALET, 1970). Le rayonnement solaire incident sur la zone des grappes est défavorable au développement de *B. cinerea*. Fermaud et al. (2001b) montrent que l'exposition à la lumière diminue jusqu'à 33 % le nombre de foyers primaires.

En résumé, le développement du champignon est largement favorisé par une température proche des 20°C et une humidité relative supérieure à 80%. Ce sont ces deux paramètres qu'il faut suivre précisément en priorité.

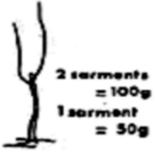
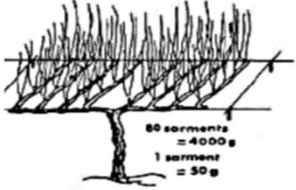
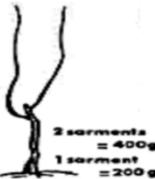
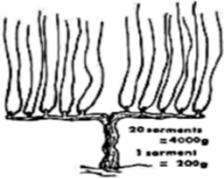
2.2.1.2 Influence de la vigueur et l'expression végétative sur le développement de *Botrytis cinerea*

La vigueur se définit comme le rythme et l'intensité de la croissance des rameaux. En viticulture c'est un marqueur de la respiration, de la photosynthèse, du fonctionnement des méristèmes et de la vitesse de croissance (Champagnol, 1984) (*figure 9*). En pratique, la mesure de la vigueur s'effectue par l'évaluation du poids des bois de taille. Ce procédé n'est applicable que pour la comparaison d'environnements peu différents (Branas et al, 1946). Il est important de ne pas confondre vigueur et expression végétative. Le *tableau 3* reprend l'explication de Branas en 1946 sur la différence entre un pied de vigne avec une forte expression végétative et un autre avec une forte vigueur. L'expression végétative se quantifie par le résultat des principales activités métaboliques de la plante. Elle s'exprime via l'édification du végétal (sarments, feuilles, fruits, racine et tronc), et l'accumulation des glucides. Concrètement, c'est le bilan de la photosynthèse annuelle. Branas et al. (1946) rappellent qu'il faut considérer les pertes dues à l'insuffisance des méristèmes et à l'état des trajets conducteur.

Comme décrit précédemment, l'humidité relative au sein de la canopée est un facteur clé du développement de *Botrytis cinerea*. Une partie de cette humidité relative provient des organes eux-mêmes en lien avec l'évapotranspiration (Pantin, 2018). Ceci se voit accentué avec un fort développement végétatif qui contribue à la conservation de l'humidité relative dans la zone des grappes.



Tableau 3 : Tableau explicatif des différences entre vigueur et expression végétative (A. Herve ; Branas, 1946)

		Expression végétative	
		Faible	Forte
Vigueur	Faible	 <p>2 sarments = 100g 1 sarment = 50g</p>	 <p>80 sarments = 4000g 1 sarment = 50g</p>
	Forte	 <p>2 sarments = 400g 1 sarment = 200g</p>	 <p>20 sarments = 4000g 1 sarment = 200g</p>



Une nutrition azotée de la vigne non raisonnée augmente la vigueur et favorise donc le développement de Botrytis (Conradie and Saayman 1989 ; Fermaud et al. (2001b) ; Valdés Gómez – 2007).

En résumé, le développement du champignon étant conditionné par le microclimat de la canopée, il est également conditionné par la vigueur et l'expression végétative. (Valdés et al., 2007).

2.2.1.3 Cépages et sensibilité

La sensibilité du matériel végétal dépend pour beaucoup du cépage et du porte-greffe utilisé. Il faut contrôler la vigueur pour ne pas avoir une trop forte densité foliaire qui favoriserait un microclimat chaud et humide propice aux champignons (Fermaud et al., 2011). Les cépages champenois présentent des sensibilités différentes à Botrytis. Le plus sensible est le Meunier (Marchal et al., 2001). Il fait des grappes compactes et denses avec de pellicules très fines. Son port retombant rend sa conduite plus compliquée (Gael Vuille, 2006).

La variabilité de sensibilité entre les cépages est liée à des causes physiques mais aussi chimiques (Neema,2011). Fermaud et Roudet (2015) montre l'existence de plusieurs indicateurs permettant d'évaluer la sensibilité des cépages. Le premier est le « potentiel de réceptivité des baies » (PRB). Il résulte du dosage des tannins et des pectines hydrosolubles (PSE) contenus dans la pellicule. Les PSE sont des molécules facilement dégradables par le champignon. L'autre indicateur développé est « l'Indice de Perméabilité Pelliculaire » (IPP). Cet indice traduit l'évolution de la structure de la baie pendant la maturation. La mesure de l'IPP est basée sur le principe de quantification de l'eau sous forme libre à la surface de la baie de raisin. (<http://www.agir-crt.com>). Un PRB et un IPP élevés suggèrent une plus grande sensibilité au Botrytis.

2.2.2 Oïdium

2.2.2.1 Influences des conditions climatiques et environnementales sur l'oïdium

De manière générale, les facteurs favorables au développement de l'oïdium sont proches de ceux pour la pourriture grise. La température a toujours un rôle très important sur le développement du mycélium, avec un optimum compris entre 20 à 25 °C. Cependant, l'*Unicula necator* présente une sensibilité à l'exposition au rayon lumineux plus élevée. Des études menées comparent l'action de la lumière artificielle et la lumière du soleil montrent que le champignon est sensible aux rayons UV. Au vignoble cela explique que les feuilles les plus touchées sont celles les plus au centre de la canopée. Il en est de même pour l'infection des grappes. En présence d'une forte vigueur, ou d'une concentration des grappes dans un même espace, les risques d'infection sont multipliés. (Willoquet, 1996)

2.2.2.2 Cépages et sensibilité

Le développement de l'oïdium est très cépage dépendant. La durée de la période de sensibilité diffère d'un cépage à l'autre. (Nemma, 2011). En champagne, le Chardonnay présente une forte sensibilité avec de nombreuses parcelles à historiques oïdium. A l'inverse, les cépages noirs sont beaucoup moins sensibles.





Figure 10 Symptômes de la contamination par *Botrytis cinerea* (<http://ephytia.inra.fr>)

2.3 Maladie, symptômes et nuisibilité

2.3.1 *Botrytis cinerea*

Botrytis cinerea se présente sous plusieurs symptômes, parfois difficilement catégorisables et identifiables (Williamson, 2007). Les symptômes apparaissent sous différents aspects selon l'organe végétatif atteint. Cette maladie se manifeste sur les organes herbacés et sur les grappes (figure 10). Avec des conditions favorables, *Botrytis* infecte les jeunes rameaux tôt dans la saison. Peu importe l'époque, les infections de rameaux sont provoquées par des blessures faites lors de la campagne végétative. Quand l'infection se produit à la base du rameau, cela peut entraîner jusqu'à sa mort (Emmett et al. 1998). Le champignon se manifeste par des taches brunes. Elles blanchissent après l'aoûtement, et des boursouflures noires apparaissent : ce sont de sclérotés.

Sur les feuilles, les premiers symptômes de contamination apparaissent au printemps sous forme de taches brunes avec un feutrage grisâtre sur la face inférieure. Ces taches forment d'abord un triangle partant du bord du limbe puis ont tendance à s'accroître et à envahir tout le limbe (vignevin.com).

Les infections des grappes débutent dès la floraison. Si aucune blessure ne vient perturber la baie, il s'installe une période de latence, sans symptômes, durant laquelle se mettent en place des inocula secondaires (VIRET,2010). Dans le cas contraire, les premiers symptômes de la contamination sont de « la pourriture pédonculaire ». Cela se manifeste sur le pédoncule et la rafle de la grappe, et entraîne le dessèchement des boutons floraux avant la floraison et la chute précoce d'une partie ou de la totalité de l'inflorescence. (Valdès Gomez, 2007). Après la nouaison, une attaque de cette maladie produit des grains avec une coloration grisâtre, ils brunissent et pourrissent en se couvrant d'un duvet gris. Le plus souvent, les contaminations touchant les feuilles, les inflorescences et les jeunes baies n'ont pas de conséquences directes graves. Cela crée néanmoins des foyers primaires desquels peuvent venir des contaminations secondaires sur grappe beaucoup plus graves.

La sensibilité arrive surtout au moment de la véraison. C'est à ce moment que les premiers symptômes apparaissent identifiables car les grappes atteignent un taux de sensibilité plus élevé (Couders, 2003). D'autant plus qu'à cette même période, les conditions climatiques peuvent être facilement très favorables à une extension rapide et importante du champignon (Dubos, 1999). Selon la teneur en humidité relative de l'atmosphère, la pourriture grise peut envahir la totalité des grappes. (Site IFV). Le cas de la récolte 2017 en champagne en est l'exemple.

En résumé, l'infection de la vigne par *Botrytis cinerea* touche l'ensemble des organes végétatifs. Les symptômes sur grappes sont les plus redoutés car ils représentent un enjeu qualitatif et économique. Les grappes atteignent leur pic de sensibilité à la véraison, moment où les conditions climatiques sont souvent très favorables au développement de la pourriture grise.

2.3.2 *Oidium*

Les premiers symptômes d'oïdium qui apparaissent dans la saison sont les symptômes sur feuilles. Il se forme des taches huileuses avec un noircissement des nervures du limbe ; il s'en suit l'apparition d'un feutrage grisâtre et poussiéreux. Lorsque l'attaque n'est pas contrôlée, les symptômes s'étendent





Figure 11 Symptômes de la contamination par l'oïdium (<http://ephytia.inra.fr>)

Chute des capuchons	Fermeture Grappe
<p>KENJA Isofetamid 1,2 L/Ha</p>	<p>TELDOR Fenhexamid 1,5 Kg/Ha</p>
<p>Caractéristiques techniques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composition : 400 g/l isofétamide • Groupe chimique : phényl-oxo-éthyl thiophène amide • Dose homologuée : 1,5 l/ha • Nombre d'applications : 1 par an • ZNT : 5 mètres • Délai de rentrée : 24 heures • Délai avant récolte : 21 jours 	<p>Caractéristiques techniques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composition : 500g/Kg fenhexamid • Groupe chimique : hydroxy anilides • Dose homologuée : 1,5 kg/ha • Nombre d'applications : 1 par an • ZNT : 5 mètres • Délai de rentrée : 6 heures • Délai avant récolte : 14 jours
	

Tableau 5 Résumé des descriptifs techniques des produits utilisés dans la protection anti-botrytis (A. Herve)

sur les inflorescences et les grappes. Les rameaux peuvent aussi être atteints et présenter des taches noires (*figure 11*).

L'oïdium, en se développant sur feuilles, diminue le potentiel photosynthétique de la plante. La maturité des raisins est plus difficilement atteinte et les baies malades présentent des arômes de champignon ou de poisson (ephytia.inra.fr) De plus, d'une année à l'autre, les parcelles conservent leur sensibilité et nécessitent une protection plus importante.

2.4 Stratégie globale de lutte contre les maladies fongiques

En réponse aux enjeux du développement de la pourriture grise ou de l'oïdium, un plan d'action doit être établi pour limiter leur propagation sur le vignoble. Cette lutte jusqu'à aujourd'hui est encore essentiellement chimique mais des alternatives prophylactiques sont de plus en plus développées.

2.4.1 Une lutte chimique

2.4.1.1 Botrytis Cinerea

B. cinerea représente une pression très importante pour le vignoble, avec un fort enjeu économique, et la lutte chimique est la solution la plus utilisée pour son efficacité. Plusieurs produits sont commercialisés. Les programmes d'application sont majoritairement des programmes à un ou deux passages depuis 2008 (stade A, ou stade A et B). (Vignerons champenois 2019)

- Programme de traitement phytosanitaire VCP

Le programme de traitement phytosanitaire pour la campagne Veuve Clicquot 2019 comporte deux traitements sur les Meuniers. Le *tableau 4* présente les descriptifs techniques des produits utilisés.

La première application est faite à la chute des capuchons floraux. Le Kenja, à base d'isofétamide, est un fongicide à large spectre de type systémique translaminaire. Cela signifie qu'il est pénétrant donc il ne peut pas être lessivé post application mais il ne se déplace pas dans la plante (Carisse, 2008). Il a des propriétés préventives et curatives. L'isofétamide est une nouvelle matière fongicide appartenant à la famille des SDHI (inhibiteur de la succinate déshydrogénase). Il bloque la production d'énergie des pathogènes en agissant sur le complexe II de la chaîne respiratoire. Il offre ainsi un haut niveau d'efficacité (Piqueras, 2014).

La seconde application est faite au stade de fermeture de la grappe. Le Teldor agit par contact, il ne pénètre pas les organes avec lesquels il rentre en contact. C'est un fongicide à base de fenhexamid qui appartient à la famille chimique des hydroxyanilides. Concrètement, ce fongicide agit en inhibant la croissance du tube germinatif et du mycélium des champignons (bayer.fr).

- Gestion des résistances

Les programmes à seulement un ou deux passages facilitent l'alternance, très recommandée, des substances actives. Certaines molécules sont déjà visées par l'apparition de souches du champignon avec des résistances spécifiques (IBS3 ou anilinopyrimidines par exemple). L'application n'est alors recommandée qu'une année sur deux avec un seul passage maximum. Le respect de ces recommandations permet de stopper la propagation des souches résistantes et d'accroître l'efficacité



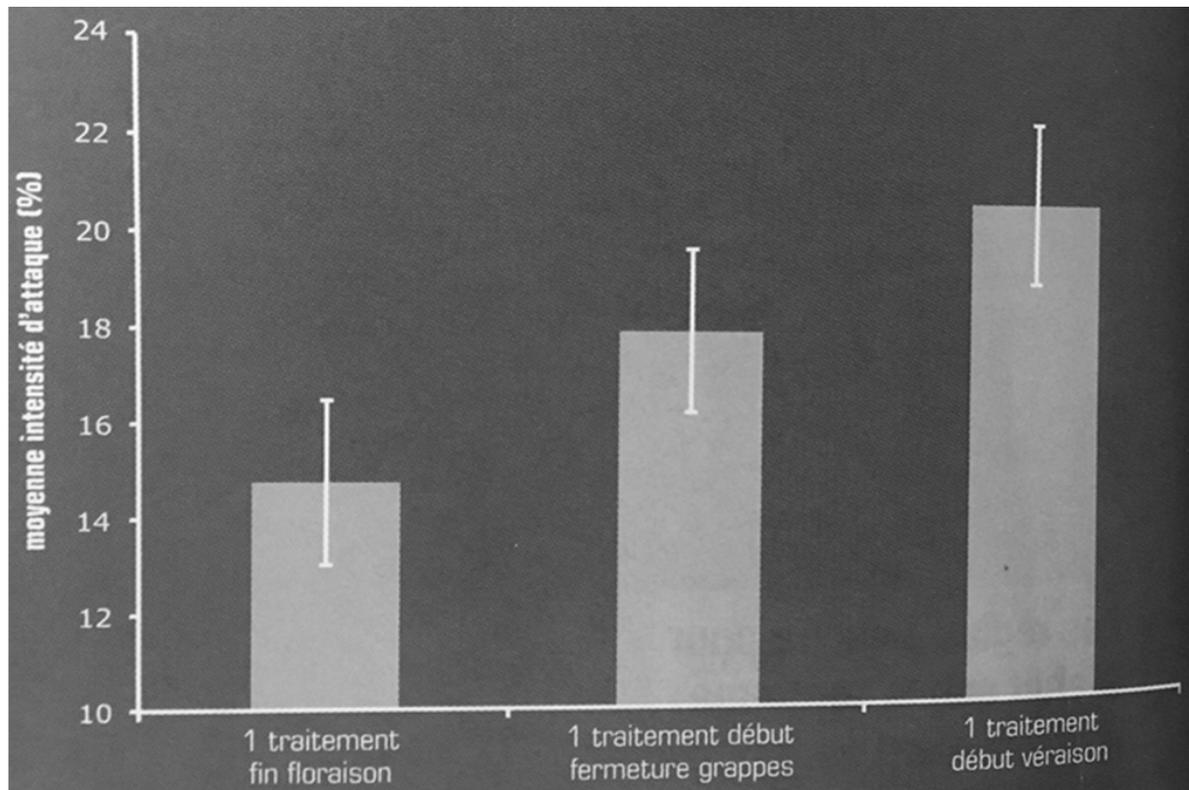


Figure 12 Dégâts de pourriture selon le stade d'application du fongicide anti-botrytis ; moyenne de 9 essais Comité Champagne (Vignerons Champenois 2019)



Figure 13 Pulvérisateur jet porté avec rampes descendant dans le rang (A. Herve)



des applications. Certaines substances actives ne présentent pas de résistances et sont alors à privilégier (Le Vignerons champenois, 2019).

- Gestion de l'efficacité

L'efficacité d'action dépend principalement de deux paramètres : le choix du stade d'intervention et la qualité de pulvérisation. La protection se fait essentiellement à trois stades différents : fin de floraison (stade A), fermeture de la grappe (stade B), et véraison (stade C). Les études faites par le Comité Champagne en *figure 12* montrent que le traitement au stade A est le plus efficace. Un second traitement, s'il y a, est conseillé au stade B.

Peu importe le choix de la stratégie à adopter, il est indispensable d'avoir une bonne qualité de pulvérisation pour optimiser l'efficacité de chaque traitement. Une pulvérisation localisée sur la région des grappes avec un taux de recouvrement élevé est indispensable (Le vigneron champenois, 2019). C'est ce point très important qui a amené depuis 2002 le remaniement du parc de pulvérisateurs de la maison Veuve Clicquot. Initialement, la totalité du parc était équipé avec des pulvérisateurs de type jet projeté. Le produit est aspiré par une pompe puis refoulé vers un orifice où le liquide, soumis à une brusque accélération, se divise en gouttes qui seront d'autant plus fines que l'orifice sera petit et la pression élevée. C'est la buse qui produit la goutte et forme le jet.

En 2004, le vignoble a subi une grosse pression oïdium. Cela a suscité un projet sur trois ans amenant au rééquipement complet du parc. Le vignoble décide de s'équiper en pulvérisateurs pneumatiques qui améliore la qualité de la gouttelette.

Les résultats attendus ne sont toujours pas atteints en termes de qualité de protection. C'est pour cela qu'un remaniement supplémentaire est opéré en 2014. Les anciens pulvérisateurs à jets projetés sont réhabilités en jets portés. Les pulvérisateurs sont équipés de rampes qui descendent dans l'inter rang pour une meilleure efficacité (*figure13*). Le circuit du liquide d'un pulvérisateur à jet porté est en tout point comparable à celui d'un appareil à jet projeté, cependant, les rampes se situent au niveau de la sortie de l'air soufflé par le ventilateur afin de charger l'air en gouttes. Les buses utilisées sont identiques à celles d'un Jet projeté.

Récemment, pour répondre aux problèmes des traitements dans les zones sensibles (à proximité des écoles par exemple), le vignoble s'est également équipé d'un pulvérisateur confiné avec panneaux récupérateurs.

Aujourd'hui, l'utilisation de pulvérisateurs face par face à jet porté est importante dans l'efficacité des traitements appliqués contre les anti botrytis. Les rampes descendent directement dans le rang, et l'ouverture des buses peut être contrôlée. Ainsi, l'application se fait avec seulement deux buses sur trois d'ouvertes pour avoir un traitement localisé uniquement sur la zone des grappes.

- Importance de la gestion des résidus

Les fongicides ne sont pas des produits anodins, ils sont source de risques pour la santé des utilisateurs puis des consommateurs (officiel-prevention.com). Dubernet et al. (2015) montrent dans leur étude que seul 17% des vins ne présentent aucune trace de résidus, et que les résidus phytosanitaires retrouvés sont essentiellement des résidus de fongicides. Certaines molécules sont retrouvées dans



plus de 60% des vins analysés. Il est important de respecter les délais avant récolte indiqués pour limiter ces traces de fongicides anti botrytis dans les vins (dose maximale).

2.4.1.2 Oïdium

La protection débute au stade « 7-8 feuilles étalées » (Vigneron Champenois, 2019). C'est à ce stade qu'elle est la plus importante. Aujourd'hui la protection du vignoble se fait essentiellement par des spécialités dont la substance active est le soufre. Sur le vignoble Veuve Clicquot, nous avons utilisé le Microthiol Special Disperss. C'est un fongicide de contact à base de soufre combinant une action préventive et curative et disposant d'une action multisite. Selon la pression, le renouvellement s'effectue tous les 8 à 10 jours ou après une accumulation de plus de 20 millimètres de pluie.

En résumé, la lutte chimique, bien que très efficace, présente un risque pour l'utilisateur, le consommateur et l'environnement. C'est pourquoi des alternatives sont recherchées.

2.4.2 Différentes pratiques culturales comme méthodes prophylactiques

La démarche prophylactique est une démarche préventive. C'est l'ensemble des techniques n'appartenant pas directement à la protection des plantes mais pouvant influencer le développement des bioagresseurs. Cela passe par la combinaison de différentes méthodes culturales(nouvelle-aquitaine.chambres-agriculture.fr).

- **Établissement de la parcelle**

Certains choix lors de la plantation d'une parcelle peuvent être déterminants sur sa sensibilité future au développement de la pourriture grise. L'adaptation des pratiques culturales visant à limiter l'excès de vigueur et à contrôler l'expression végétative est une méthode prophylactique importante contre botrytis. Ainsi, dès la plantation, le choix doit être réfléchi et adapté. D'un clone à l'autre, la sensibilité à la pourriture grise peut diminuer de 50 à 60%. Le choix du porte-greffe peut influencer jusqu'à 30% la sensibilité (Le vigneron champenois, 2019).

- **L'enherbement**

L'enherbement est également un levier d'action intéressant. Son installation exerce une concurrence pour les ressources hydriques et azotées. Cette concurrence induit une diminution marquée de la vigueur, de l'indice foliaire (LAI) et de la densité du couvert dans l'environnement des grappes. Ceci est considéré comme défavorable au développement de botrytis (Valdès, 2005).

- **La taille**

La taille doit être gérée pour éviter l'entassement du feuillage. L'idéal est de maximiser la capture des rayons lumineux par une surface foliaire optimale, tout en favorisant l'aération des grappes (CC,2019). L'AOC Champagne autorise quatre tailles : le chablis, le cordon, le guyot, et la taille Vallée de la Marne sur Meunier uniquement. Quel que soit le type de taille, celui-ci est réfléchi pour limiter au maximum l'entassement du feuillage. Les chevauchements et superposition de feuillage sont interdits par l'AOC.

En résumé, il est très important de gérer au mieux le micro climat qui s'établit au sein de la canopée pendant la campagne par les différentes pratiques au vignoble. Dans cette optique, l'effeuillage précoce apparaît comme un levier d'action très important. C'est ce qui nous amène à développer dans la partie suivante l'effeuillage précoce





Figure 14 Effeuilleuse pneumatique Collard (Collard.com)

3. L'effeuillage

3.1 Principe

L'effeuillage consiste à enlever les feuilles de la zone fructifère. Selon le moment de l'opération, cela sera appelé effeuillage précoce ou de pré-vendange. Historiquement, en Champagne, l'effeuillage était effectué pour faciliter le travail des vendangeurs. Petit à petit il a été mis en place pour améliorer la qualité de maturation des raisins. Aujourd'hui, on fait référence à l'intérêt des méthodes prophylactiques, tel que l'effeuillage précoce, pour limiter le développement des maladies cryptogamiques. L'effeuillage précoce s'effectue de la nouaison jusqu'à la fermeture de la grappe, et avec une intensité d'effeuillage variable. L'objectif est de réduire l'entassement végétatif dans la zone fructifère. C'est une pratique courante utilisée pour améliorer la maturité phénolique (Poni et al., 2006). L'effeuillage précoce est aussi très utilisé pour les cas d'excès de vigueur, de compacité de grappe ou de sensibilités aux maladies cryptogamiques (Poni et al., 2006 ; Hed et al., 2009).

3.2 Matériels

Sur le vignoble champenois, deux types d'effeuilleuses s'imposent. Dû à la pratique de l'effeuillage avant vendange dans beaucoup de maison, les effeuilleuses pneumatiques sont majoritaires à 80%. Les effeuilleuses par aspiration sont les deuxièmes plus représentées (Comité Champagne). Des bancs d'essai ont été menés par le Comité Champagne et le pôle recherche MHCS visant à comparer les différentes effeuilleuses. Le *tableau 5* regroupe les résultats obtenus. Nous nous focaliserons sur la description et la comparaison des effeuilleuses pneumatiques et à aspiration.

3.4.1 Pneumatique

Les effeuilleuses pneumatiques sont bien adaptées à l'effeuillage précoce. Elles fonctionnent sur le principe de la projection d'un flux d'air haute vitesse amenant au déchiquetage des feuilles. Les deux constructeurs représentés en Champagne sont Collard (62%) et Ecojet (18%) selon le Comité Champagne.

L'effeuilleuse Collard (*figure 14*) a la particularité de fonctionner avec un double flux d'air réglable. Le travail peut se faire à plus basse pression et avec un meilleur ajustement de la zone d'effeuillage. Cette machine est très bien adaptée à l'effeuillage précoce. Ce type d'effeuilleuse est le seul qui puisse travailler au stade des capuchons floraux. Elle fonctionne avec une vitesse d'avancement moyenne de 3 km.h⁻¹ soit un débit de chantier moyen de 5,3 heures par hectare.

Récemment le constructeur Collard a développé de nouvelles têtes (type Twin rotor) spécialement conçu pour l'effeuillage précoce. Le double flux d'air est réglable ce qui permet d'adapter la hauteur d'effeuillage ainsi que la pression de l'air. Ce type de fonctionnement permet un effeuillage dès la fin de floraison(Collard).





Figure 13 Efficaceuse par aspiration type Povitis (Provitivs.com)

Tableau 6 Avantages et inconvénients des différentes efficaceuses (MHCS, 2015).



	Stade 27	Stade 29	Stade 31	Stade 33
Type machine	Nouaison	Baies de la taille d'un grain de plomb	Baies de la taille petit pois	Fermeture grappe
Ecojet			augmentation des dégâts sur baies	Risque accru d'échaudage
Collard				Forte incidence des dégâts
ProVitis	Forte incidence des dégâts	Forte incidence des dégâts		Risque accru d'échaudage

La qualité de l'effeuillage est dépendante du réglage fait par l'opérateur. Le réglage de l'intensité d'effeuillage se fait par la vitesse d'avancement, la pression du groupe compresseur, la vitesse de rotation des tourniquets et le diamètre des buses. Jouer sur le diamètre des buses et l'orientation des plateaux permet de contrôler l'intensité de l'effeuillage, et d'éviter des blessures sur les grappes (matevi-France.com)

3.4.2 Aspiration

L'autre modèle d'effeuilleuse est l'effeuillage par aspiration (*figure 15*). La turbine montée dans le tambour inox en rotation crée une dépression et aspire les feuilles qui sont ensuite entraînées et arrachées par les rouleaux. Les constructeurs Pellenc et Provitis fonctionnent sur ce principe. Ce fonctionnement a l'avantage de ne pas broyer ni projeter les feuilles sur les autres rangs. L'effeuillage peut être en mono ou biface. Le suivi du feuillage se fait par la présence d'un palpeur. Pellenc présente un système Soft Touch qui amène un alignement parfait de l'effeuilleuse sur le rang avec un asservissement direct du vérin double effet de mise en largeur. L'effeuillage avec ce type de technologie est possible seulement une fois le stade grain de poids atteint si on veut limiter les dégâts sur les grappes. Le réglage de l'intensité d'effeuillage se fait par la proximité de l'effeuilleuse par rapport à la végétation.

3.3 Choix de la période d'effeuillage, du matériel et précautions d'effeuillage

Le choix du moment de la réalisation de l'effeuillage est très important. Il détermine son efficacité sur la diminution de la contamination et de l'expression de botrytis. Des études ont montré que la meilleure efficacité est obtenue à la nouaison (Serrano et Renard, 2001). Cependant le choix du moment d'effeuillage est à corréliser au type d'effeuilleuse utilisée. Une effeuilleuse pneumatique sera utilisée en fin de floraison ou début de nouaison. Ce passage à la nouaison a l'avantage d'éliminer les déchets floraux sujets à créer des foyers précoces pour botrytis. Pour une intervention au stade grain de pois, ou après, une effeuilleuse à aspiration est plus efficace. Si on intervient avant que les grappes aient atteint un poids minimum, le passage des rouleaux a tendance à arracher l'extrémité des grappes (CC, 2019).

Un effeuillage raisonné (correspondant à l'élimination de 6 à 8 feuilles complètes) permet de modifier les conditions climatiques de la canopée, ainsi que la compacité des grappes, sans affecter le potentiel photosynthétique, ni le rendement, ni l'homogénéité de la maturation. (FRIONI, 2018). Il est souvent préconisé un effeuillage une seule face (soleil levant) pour éviter tout problème d'échaudage. Le Comité Champagne constate que seulement dix pour cent des effeuillages en Champagne sont faits sur les deux faces.



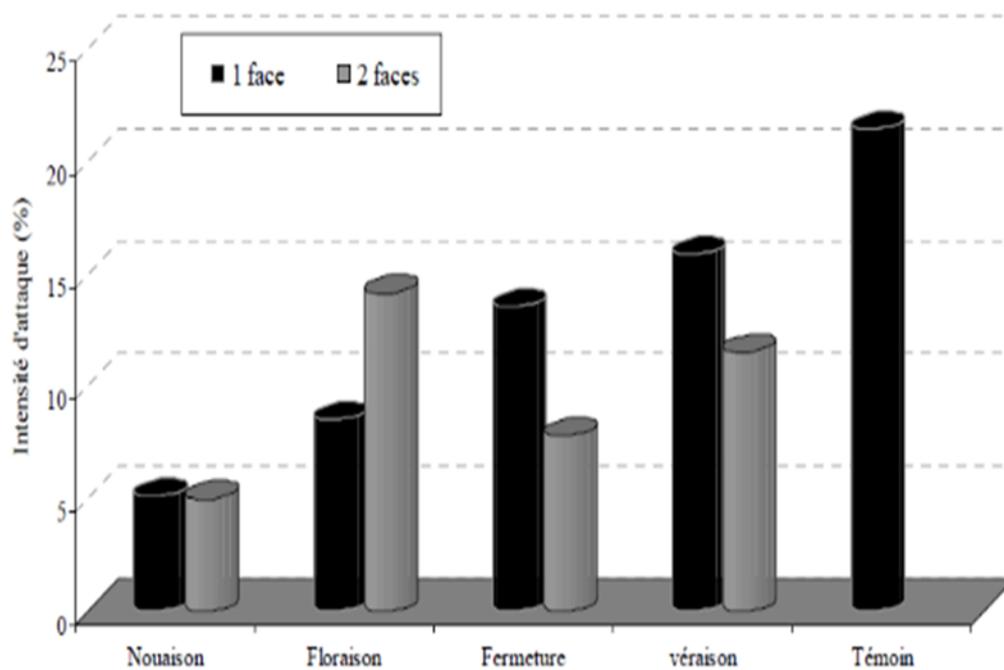


Figure 16 Quantification des pertes de production en fonction du pourcentage d'atteinte par la pourriture grise (source : Chambre d'Agriculture Gironde 33)



3.4 Conséquences d'un effeuillage précoce

3.4.1 *Modification de l'environnement microclimatique au niveau de la zone fructifère lors d'un effeuillage*

L'effeuillage précoce évite l'entassement végétatif sur la zone fructifère et la création d'un micro climat chaud et humide favorable au développement du champignon. C'est un levier d'action permettant de contrebalancer un excès de vigueur. De plus cela favorise l'exposition directe à la lumière, ainsi que l'aération de la canopée : deux facteurs défavorables à la croissance des filaments mycéliens. L'IFV montre ainsi dans le résumé de plusieurs essais que : l'effeuillage précoce limite le développement de la pourriture grise quel que soit le stade d'application. (*figure 16*)

Plus précisément, les observations et études déjà réalisées montrent qu'une parcelle trop vigoureuse va être plus sujette à développer des maladies cryptogamiques (Valdès et al. 2007). L'effeuillage comme lutte prophylactique permet de rabaisser l'entassement foliaire sur des parcelles trop vigoureuses et de limiter les dégâts de botrytis sur les grappes. Le rapport construit en 2015 par le Comité Champagne relève les conditions climatiques dans la zone effeuillée et montre que : la zone effeuillée est plus chaude, moins humide et avec une luminosité supérieure. Il y a une réduction de 40% de la fréquence des attaques botrytis, et de 70% de l'intensité lors de la réalisation d'un effeuillage précoce.

3.4.2 *Conditions de pulvérisation*

L'effeuillage est un facteur améliorateur de la qualité de la pulvérisation. En effet, dans la lutte phytosanitaire, l'effeuillage se combine à l'application des anti botrytis. Il est préférable d'effectuer les deux opérations à deux stades différents. Le plus efficace serait effeuillage à la nouaison et premier traitement à la fermeture de grappe. La suppression des feuilles de la zone fructifère favorise la pénétration des produits phytosanitaires lors d'un traitement localisé, mais également lors d'un traitement de couverture générale. La quantité de produit retrouvée sur les grappes est supérieure d'environ 50 % à celle déposée sur les grappes d'un rang non effeuillé (Serrano, 2001).

3.4.3 *Bilan carboné, rendement et impact sur la maturation de baies*

Un effeuillage raisonné n'impacte pas la physiologie de la vigne. En effet, le nombre de grappes et de baies par grappe est identique entre une vigne effeuillée et une vigne non effeuillée : l'élimination précoce des feuilles n'entraîne pas de réduction du rendement par pied de vigne (Frioni, 2018). Pour un effeuillage raisonné, le potentiel photosynthétique perdu par l'élimination d'un certain nombre de feuille est compensé par l'augmentation de l'activité photosynthétique des organes restants. Cependant, l'effeuillage doit être modéré car une défoliation trop importante affecte la nouaison et le nombre de baies par grappe. Cela supprime une proportion trop importante des organes les plus photosynthétiquement actifs en début de campagne végétative (Poni et al., 2008). Plus précisément, la défoliation entraîne l'augmentation du taux d'assimilation du dioxyde de carbone, et de la conductance des stomates pour chaque feuille restante sur pied. Dans le cas d'un effeuillage trop important, cela ne suffit pas à pallier le manque de surface foliaire nécessaire au bon fonctionnement photosynthétique de



la vigne. La réduction de l'assimilation du carbone par pied entraîne une priorisation de l'apex en termes de destination du carbone assimilé, au détriment de la nouaison. Autrement dit, la demande des jeunes feuilles en carbone est, à ce stade, prioritaire, par rapport à l'alimentation des fruits (Frioni, 2018).

Les essais menés par Comité Champagne en 2015 montrent une légère diminution des rendements (nombre de baies et volumes des baies légèrement diminué), ainsi qu'une concentration en polyphénols plus importante. Cependant aucune différence œnologique et gustative n'est significativement observable.

3.4.4 Cas particulier de l'échaudage

Hulands, S., Greer, D., & Harper, J. montrent en 2013 que les baies à un stade de développement antérieur à grain de pois ne sont pas affectées par l'accentuation de l'exposition lié à un effeuillage. Et pourtant, sur une année comme 2019, il était légitime de s'interroger sur l'influence de l'effeuillage sur les dégâts liés à l'échaudage. L'échaudage est causé par une charge radiative trop importante sur des organes non acclimatés. L'effeuillage réalisé en début de nouaison est sans conséquence sur les jeunes baies. La plasticité du développement des baies permet à celles-ci de s'adapter. Les chlorophylles présentes en quantité plus importante dans les jeunes raisins contribuent à la prise en charge de la lumière (Pantin, 2018). La vigueur a un rôle important dans la sensibilité des vignes à l'échaudage. Une vigueur forte va davantage protéger les baies avec une canopée plus développée. Les vignes de vigueur moyenne à faible sont donc les plus sensibles à l'échaudage.

4. Historique des essais sur l'effeuillage en Champagne

Comme évoqué dans la présentation bibliographique précédemment, des essais ont déjà été menés par le Comité Champagne et A. Reyes Carreno sur l'intérêt de mettre en place l'effeuillage précoce en Champagne. Les résultats de ces recherches nous apportent des références locales importantes sur les résultats que nous cherchons à démontrer. Le pôle recherche MHCS montre en 2015 et 2016 que la fréquence et l'intensité des attaques de la pourriture grise sont significativement diminuées avec un effeuillage précoce, jusqu'à 50% pour le Meunier. Un léger rabais des rendements est également observé, mais la maturité n'est pas impactée (ni l'accumulation des sucres, ni les concentrations en acides).

Le Comité Champagne a davantage étudié l'étendue de la pratique de l'effeuillage précoce sur la Champagne, ainsi que l'impact sur l'environnement micro climatique. Aujourd'hui, il en ressort que cette pratique est mise en place seulement chez 28% des viticulteurs. Néanmoins, le Comité Champagne montre que sur leurs essais, l'effeuillage entraîne une exposition aux rayons lumineux plus importante. Cela a pour conséquence une augmentation de la température ainsi qu'une diminution de l'humidité au sein de la canopée.

En 2018, des essais d'effeuillages ont été mis en place sur le vignoble Veuve Clicquot. L'objectif de ces essais était de montrer que le nombre de traitements anti-botrytis pouvait être diminué en faisant un effeuillage précoce. Cependant, le millésime 2018 a été si peu touché par Botrytis qu'il n'a été possible de faire aucune observation comparative. Malgré tout, les analyses physico-chimiques des raisins



récoltés ont conforté l'hypothèse que l'effeuillage est favorable à une meilleure maturation des raisins sur les rouges.

5. Problématisation, hypothèses et démarches de l'étude

Toute l'étude que nous souhaitons mettre en place est centrée sur le triptyque d'interaction production, environnement et société. Nous cherchons des réponses à plusieurs questions et notamment : comment continuer de produire du raisin en quantité et qualité satisfaisantes, tout en limitant l'utilisation des fongicides qui sont potentiellement risqués pour l'environnement et la santé. Le Comité Champagne a déjà montré que l'effeuillage pouvait être une alternative à l'utilisation des produits phytosanitaires. C'est cette même problématique que nous souhaitons étudier sur le vignoble Veuve Clicquot. Si les essais sont concluants, le but ultime serait d'étendre la pratique de l'effeuillage à la totalité du vignoble. Pour cela, en s'appuyant sur les recherches bibliographiques nous mettons en place un protocole permettant de mieux comprendre les facteurs influençant le développement de Botrytis, et également d'envisager la réduction des applications phytosanitaires.

En 2019, l'objectif de l'essai reste le même que l'année passée mais se construit différemment : étudier l'effeuillage précoce comme méthode prophylactique dans la lutte contre le développement de Botrytis cinerea et de l'oïdium.

Pour cela nous avons construit le plan d'expérimentation selon deux axes visant à vérifier les deux hypothèses suivantes :

- Pour une vigueur faible, l'effeuillage n'impacte pas l'environnement physique et microclimatique de la zone fructifère, et présente donc peu d'intérêt.
- Un effeuillage précoce diminue les fréquences et les intensités d'attaque des maladies fongiques, et permet de diminuer l'utilisation de produits phytosanitaires.

Cette étude s'appuie sur des observations faites au vignoble. Les Meuniers présentent une sensibilité plus élevée à la pourriture grise s'expliquant en partie par une compacité de grappe élevée et un port retombant. La sensibilité est accrue lorsque s'ajoute à cela une vigueur élevée. Nous avons montré par les recherches bibliographiques qu'une vigueur forte favorise l'installation d'un environnement microclimatique chaud et humide dans la région des grappes. Cela est un facteur favorisant largement le développement de la pourriture grise. Les essais déjà réalisés confirment que l'effeuillage précoce amène une meilleure aération et exposition de la région des grappes limitant ainsi l'installation et le développement de Botrytis cinerea.

Ainsi le but de cette première partie d'essai est de comprendre l'impact de la vigueur sur le microclimat de la zone des grappes, ainsi que d'évaluer l'efficacité d'un effeuillage précoce selon la vigueur de la parcelle.

La seconde problématique est la réduction de l'utilisation des anti-botrytis. Cela entre dans le cadre de l'orientation du vignoble vers une viticulture plus durable. Jusqu'à aujourd'hui, le schéma classique des Meuniers était deux passages de traitements anti-botrytis : un à 80% de la fleur et le second à la fermeture de la grappe. Cette année a été un peu différente, le second traitement a été appliqué 10 jours après le premier.



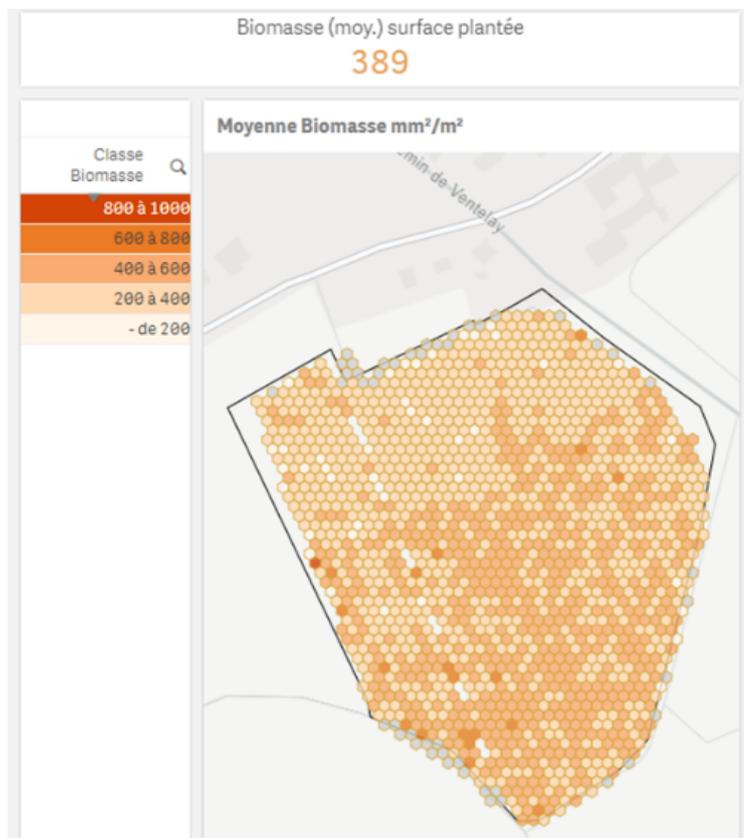


Figure 17 Carte d'exploitation Physiocap donnant les mesures de biomasses moyennes (VCP, 2019)

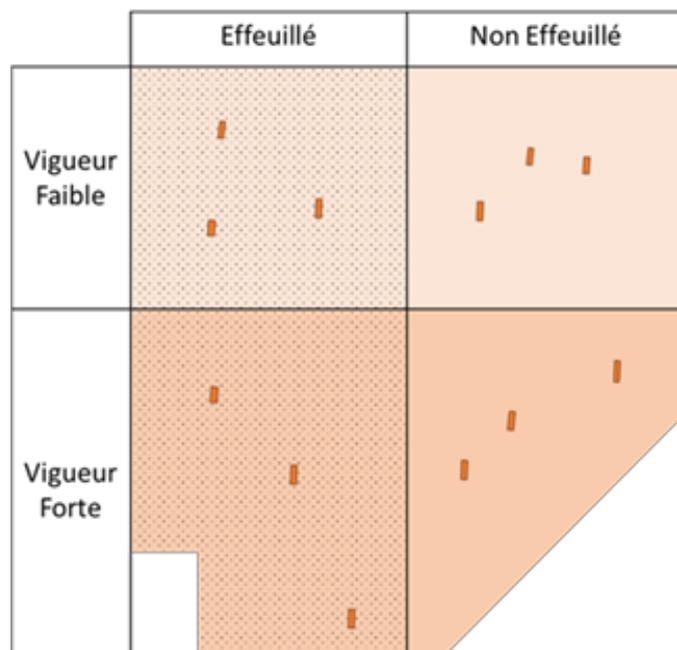


Figure 18 Répartition spatiale des modalités d'étude sur la parcelle ST 02

Tableau 7 Descriptif technique des deux parcelles d'étude (A. Herve)

	ST 02 Les Bermonts	PG 01 Le Clos
Commune	Saint Thierry	Pargny les Reims
Date de plantation	1992	1987
Cépage	Meuniers	Meunier
Porte greffe	41B	41B
Surface	3,81 Ha	1,10 Ha
Densité de plantation (pieds par hectares)	8326	8364
Taille	Cordon de Royat avec une rallonge	Cordon de Royat



Les recherches bibliographiques montrent que l'impact de l'effeuillage précoce sur l'environnement microclimatique, et donc sur le développement du champignon, permet potentiellement de supprimer un traitement.

La question suivante est : la suppression d'un traitement est-elle possible, et lequel (stade A ou B) serait-il le plus judicieux de supprimer ? Le plan d'expérimentation mis en place dans la partie suivante essaiera de répondre à cette question.

Partie 2 : Matériels et méthodes

1. Parcelles et plan d'expérimentation

Dans un premier temps il est nécessaire de trouver les parcelles adaptées à la mise en place des essais. Pour cela, nous avons analysé la base de données du Physiocap©. Nous sommes parvenus à choisir deux parcelles : une sur la commune de Saint-Thierry pour l'évaluation de l'effeuillage en fonction de la vigueur, et une sur la commune de Pargny-lès-Reims pour l'essai effeuillage et anti botrytis. Les descriptifs des caractéristiques de chaque parcelle sont résumés dans le [tableau 6](#).

Les données Physiocap© montrent que la parcelle des Bermonts présente une répartition de la vigueur relativement binaire ([Figure 17](#)) : le gradient de biomasse est dans le même sens que les rangs de vigne. Nous avons décidé d'effeuiller la moitié de la parcelle, soit une surface de 1,9 hectares, de sorte à croiser les modalités. Ainsi, nous observons quatre modalités sur cette parcelle : EFF*Vfaible et EFF*Vforte, NEFF*Vfaible et NEFF*Vforte. ([Figure 18](#)).

La parcelle Le clos à Pargny-lès-Reims faisant déjà l'objet d'un essai sur l'effeuillage précoce, nous avons repris le plan d'expérimentation pour le faire évoluer. L'essai est composé de 4 modalités de traitement : bande témoin sans traitement, un seul traitement stade A, un seul traitement stade B et deux traitements. Chaque modalité s'étend sur une route complète de pulvérisation, c'est-à-dire 8 rangs. L'effeuillage est fait sur 4 des 8 rangs pour chaque modalité. ([Figure 19](#)).

Afin de regrouper davantage de données, et de pouvoir dégager des tendances concrètes plus facilement, nous avons rajouté les comptages des maladies et les analyses de maturité de plusieurs autres parcelles du circuit d'essai effeuillage déjà mené au vignoble.

2. Indicateurs et matériel

Quel que soit l'essai, les indicateurs mesurés seront les mêmes et les mesures seront effectuées avec le même matériel.

2.1 Évaluation de la qualité de l'effeuillage

2.1.1 Mesure du taux d'effeuillage

Le taux d'effeuillage est estimé à l'aide d'un cadre quadrillé. Le cadre utilisé mesure 50 centimètres de côté. Il est divisé en 25 carrés de 100 centimètres carré. Pour chaque carré, on note le pourcentage de remplissage par le feuillage. Les moyennes du taux de remplissage effectuées sur les 25 carrés du



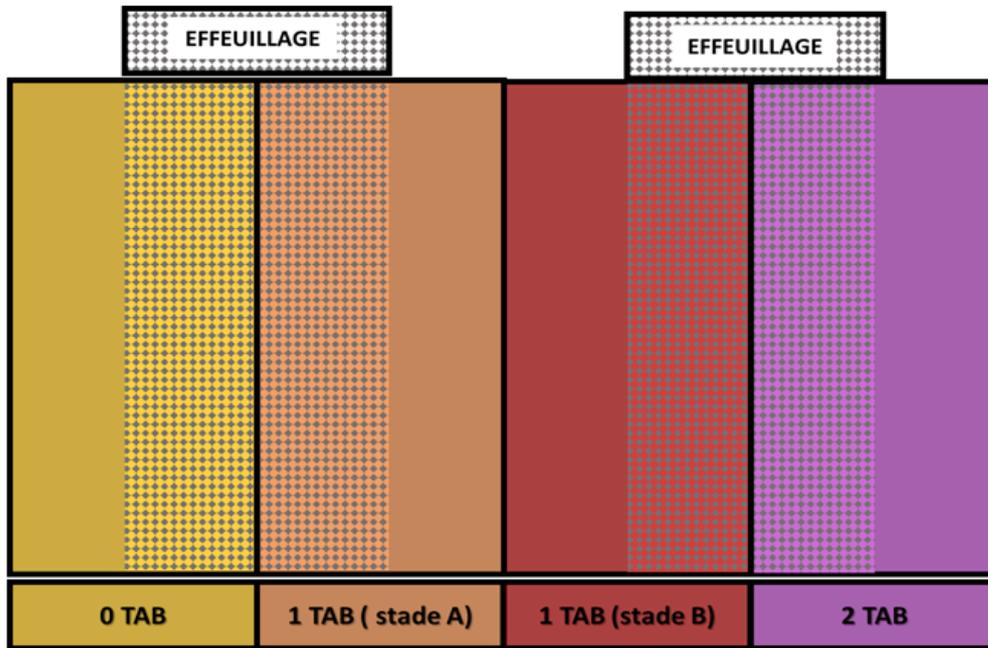


Figure 16 Plan d'expérimentation décrivant les différentes modalités sur PG01 (A.Herve, 2019)



Figure 20 Exemple de positionnement de capteur Leafcrop (A.Herve, 2019)

cadre constituant notre base de données pour évaluer l'effeuillage. Pour chaque modalité nous avons 8 répétitions. L'ensemble du protocole est présenté en [ANNEXE V](#)

2.1.2 Impact de l'effeuillage sur la qualité de pulvérisation

Selon les références bibliographiques, un effeuillage précoce est un facteur améliorateur de l'efficacité des applications d'anti botrytis.

Un test « qualité de pulvérisation » avec des papiers hydro sensibles est réalisé sur les modalités effeuillées et non-effeuillées. La notation se fait selon une échelle prédéfinie allant de 0 à 5. Le test est réalisé avec de l'eau pour des questions de sécurité. Le protocole est disponible en [ANNEXE VI](#).

2.1.3 Influence de l'effeuillage sur le phénomène d'échaudage

L'année 2019 a été impactée par deux épisodes caniculaires en juin et juillet ce qui a provoqué un phénomène d'échaudage sur une grande partie du vignoble. Or l'effeuillage consistant à supprimer une partie du feuillage et donc à augmenter l'exposition des grappes, il semble important d'étudier l'impact de celui-ci sur le taux d'échaudage des grappes.

Pour cela nous avons fait des observations de fréquence et d'intensité d'échaudage sur les grappes. Le protocole suivi est décrit en détail en [ANNEXE IV](#).

2.2 Mesure des paramètres micro environnementaux de la grappe

La vigueur, comme citée dans la revue bibliographique, affecte directement l'environnement microclimatique des grappes par le développement plus ou moins important de la canopée. Afin de comprendre parfaitement le rôle de l'effeuillage sur la parcelle, nous mettons en place des mesures de suivi des conditions climatiques environnantes des grappes. Cela comprend les mesures de l'humidité relative, de la température, du temps d'humectation.

Une Leafcrop est un capteur connecté adapté aux conditions extérieures et aux usages agricoles. Il imite les caractéristiques d'une feuille et se place au sein même de la canopée sur certaines grappes choisies. ([figure 20](#)).

Ce capteur enregistre en temps réel les données suivantes : humectation, température de l'air, hygrométrie, point de rosée et température humide. L'application associée permet de compiler les données et d'obtenir continuellement les courbes des cumuls de ces paramètres. L'objectif de ces mesures est d'évaluer les variations du microclimat de la canopée et plus particulièrement de la zone des grappes afin de comprendre l'impact qu'un effeuillage précoce peut avoir dessus.

Sur les deux parcelles d'expérimentation, il aurait été intéressant d'installer deux capteurs par modalités pour s'affranchir du biais « matériel » dans les mesures mais pour des raisons budgétaires il a été décidé d'installer un seul capteur par modalité. Cependant pour s'assurer de la fiabilité des mesures, les capteurs ont tous été disposés dans un même lieu pendant deux jours et des relevés ont été effectués. Les résultats de ce test seront détaillés en partie 3.



2.3 Évaluation de la vendange

A la vendange, tous les essais sur l'efficacité de l'effeuillage contre Botrytis ou l'oïdium sont soumis à un comptage de fréquence et d'intensité des attaques. Le protocole est décrit en *ANNEXE III*. Cela nous permet d'évaluer l'action prophylactique de l'effeuillage sur le développement du champignon.

En complément, et pour traiter la problématique dans sa totalité, la qualité de la vendange est évaluée par des analyses physico-chimiques. L'*ANNEXE VII* explique la méthode suivie pour préparer les échantillons analysés.

2.4 Exploitation des données

2.4.1 JMP : le logiciel statistique utilisé

L'ensemble de mesures effectuées constituent plusieurs bases de données regroupées dans l'*ANNEXE VIII*. L'analyse est faite à l'aide du logiciel JMP. Nous utilisons la version 14 qui possède l'ensemble de tests classiques et complexes. L'utilisation est facilitée par la construction du logiciel avec une approche interactive et visuelle.

2.4.2 Rappel sur les tests statistiques et les analyses statistiques multivariées

Plusieurs tests sont amenés à être utilisés de manière récurrente. Sur de nombreux paramètres d'étude il est nécessaire d'effectuer des comparaisons de moyennes. Nous vérifions tout d'abord la normalité des données de chaque modalité pour les différentes études. Cette vérification se fait avec un le test W de Shapiro-Wilk. Les p-values supérieures à 0,05 nous donnent une distribution normale. Les résultats de ces tests sont regroupés en *ANNEXE I*.

Pour bien comprendre les différents effets de chaque modalité nous effectuons un Test de Tuckey pour comparer les moyennes deux à deux entre chaque modalité. Les résultats ces tests est disponible en *ANNEXE II*.

Dans certains cas, la répartition des données ne suit pas de loi normale (pour le test que la qualité de pulvérisation par exemple). Dans ce cas nous effectuons un test non paramétrique de Wilcoxon pour comparer les moyennes. Le résultat est présenté en *ANNEXE II*.



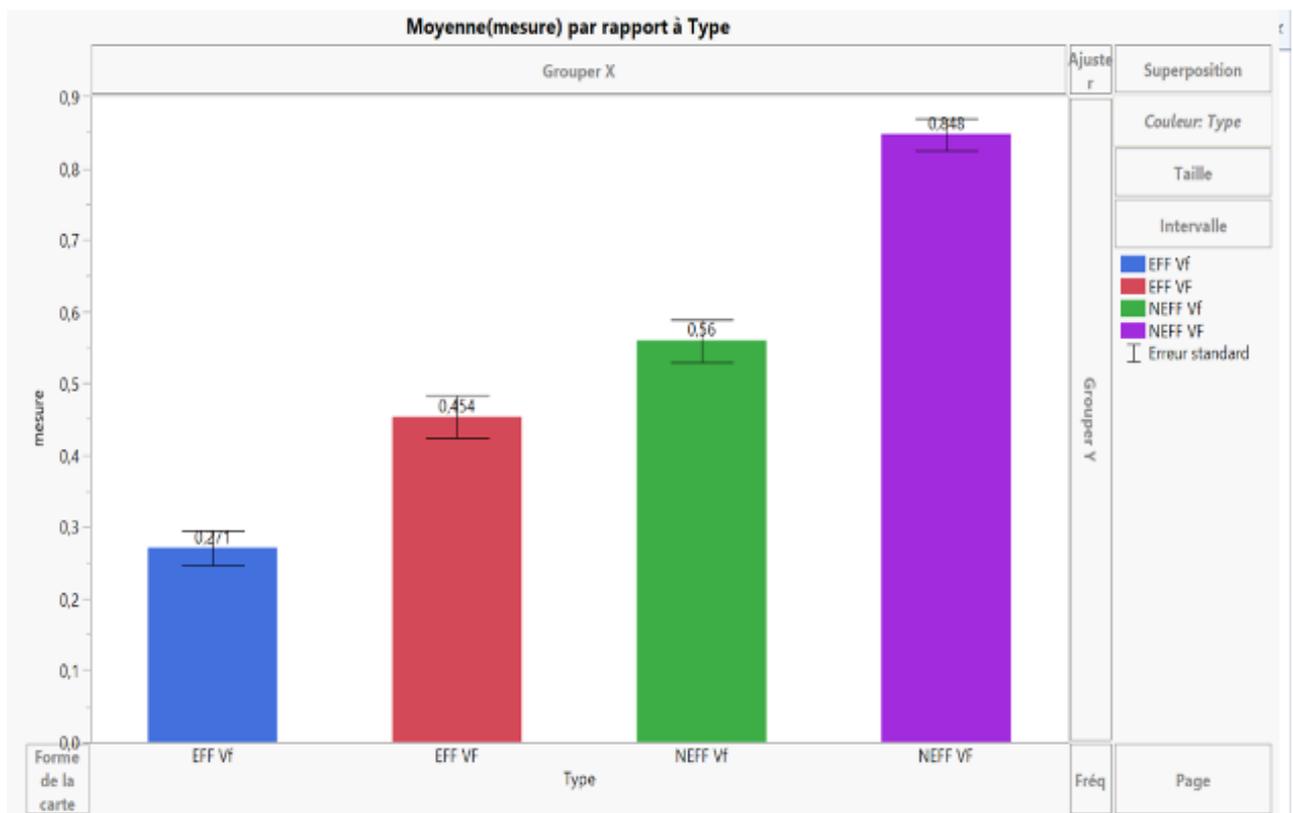


Figure 21 Évaluation de la densité du rideau végétatif en fonction des différentes modalités de vigueur et d'effeuillage (JMP, 2019)



Partie 3 : Résultats et discussions

1. Influence de l'effeuillage sur la vigne durant la campagne végétative

1.1 L'effeuillage permet de diminuer la densité du rideau végétatif

Le test de Shapiro nous donne une distribution normale pour chacune des quatre modalités de l'étude du taux d'effeuillage (*ANNEXE I*). Le graphique en *figure 21* montre que l'effeuillage sur vigueur forte permet de se ramener à une densité foliaire proche de celle d'une vigueur faible. En vigueur forte, l'effeuillage permettrait de réduire de presque 30% la masse végétative de la face effeuillée (taux de recouvrement de 84,8% en non effeuillé contre 56% en effeuillé). Cela correspond donc à la suppression de 15% de la surface foliaire totale, ce qui est conforme avec les mesures faites par le Comité Champagne sur leurs essais. En vigueur faible, l'effeuillage a éliminé 18.3% de la surface foliaire : initialement plus petite, elle est moins diminuée qu'en vigueur forte. L'intérêt de l'effeuillage en vigueur faible apparaît comme étant plus limité.

Le test HSD de Tuckey permet de comparer les modalités deux à deux. Le rapport de connexion de lettre (*ANNEXE II*) montre une différence significative entre chaque modalité à l'exception de NEFF/Vfaible et EFF/Vforte, ce qui confirme nos observations.

L'effeuillage permet de diminuer la densité du rideau végétatif et de se rapprocher d'une densité foliaire correspondant à une vigueur plus faible. Cela semble confirmer que l'effeuillage précoce permet de contrebalancer l'expression végétative d'une vigueur forte.

La vigueur est un facteur très important à maîtriser pour la bonne gestion du vignoble. On le rappelle, comme le montrent les observations, une vigueur trop forte a tendance à entraîner un entassement du feuillage et des grappes amenant le développement des maladies cryptogamiques. De plus, d'un point de vue œnologique, la vigueur détermine la composition des raisins et des moûts : une vigueur trop faible va entraîner des retards de maturité et des moût carencés en azote, ce qui amène des problèmes de fermentation. Une vigueur trop élevée, suggère des moûts trop riches en azote, ce qui aurait pour conséquence la synthèse plus importante d'acétate, arôme considéré comme un défaut et marquant beaucoup l'aromatique des vins (www.vignevin.com).

En résumé, on montre l'importance d'avoir une vigueur moyenne et équilibrée, et donc l'intérêt de l'effeuillage sur les fortes vigueurs. En vigueur faible, cela ne semble pas forcément nécessaire et surtout entraîne des risques à considérer vis à vis de la maturation.

Cependant, pour comprendre l'impact de l'effeuillage sur le développement de Botrytis il faut encore compléter notre analyse avec l'évaluation des conditions climatiques au sein de la canopée ainsi que les analyses des contrôles maturités.



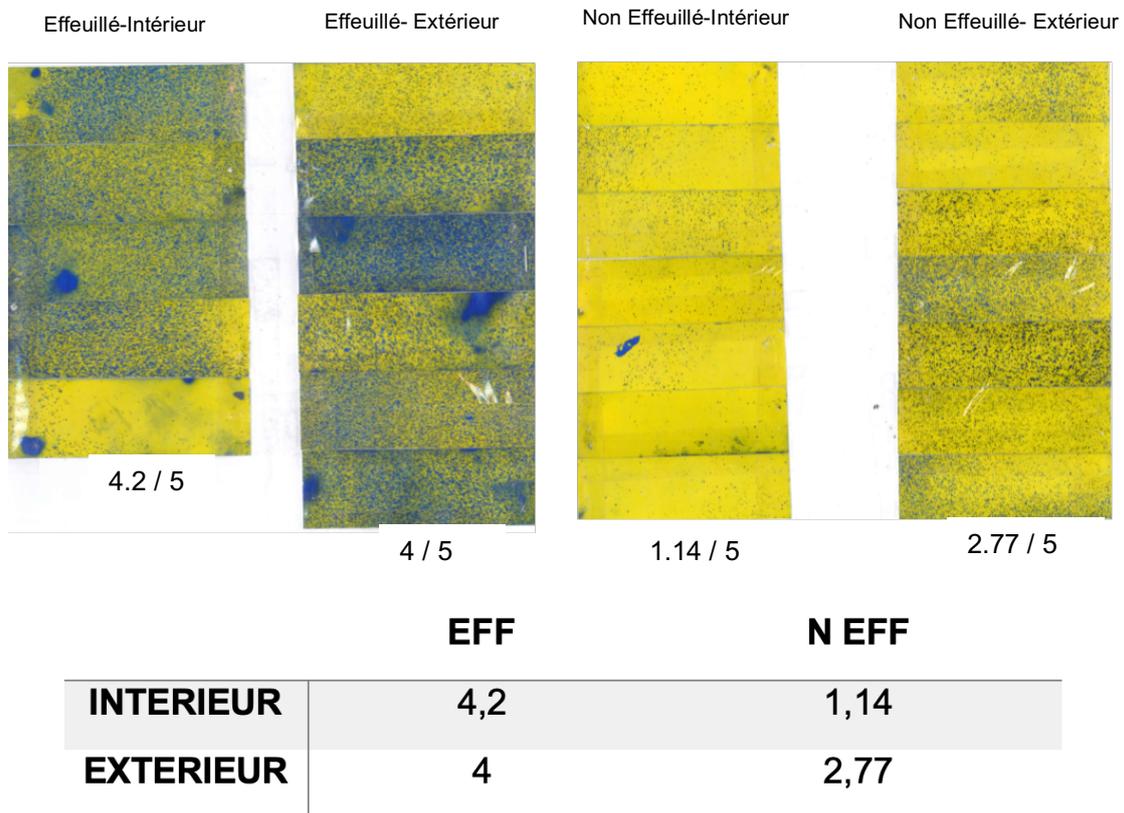


Figure 22 Résultat du test de pulvérisation aux papiers hydrosensibles (A.Herve,2019)

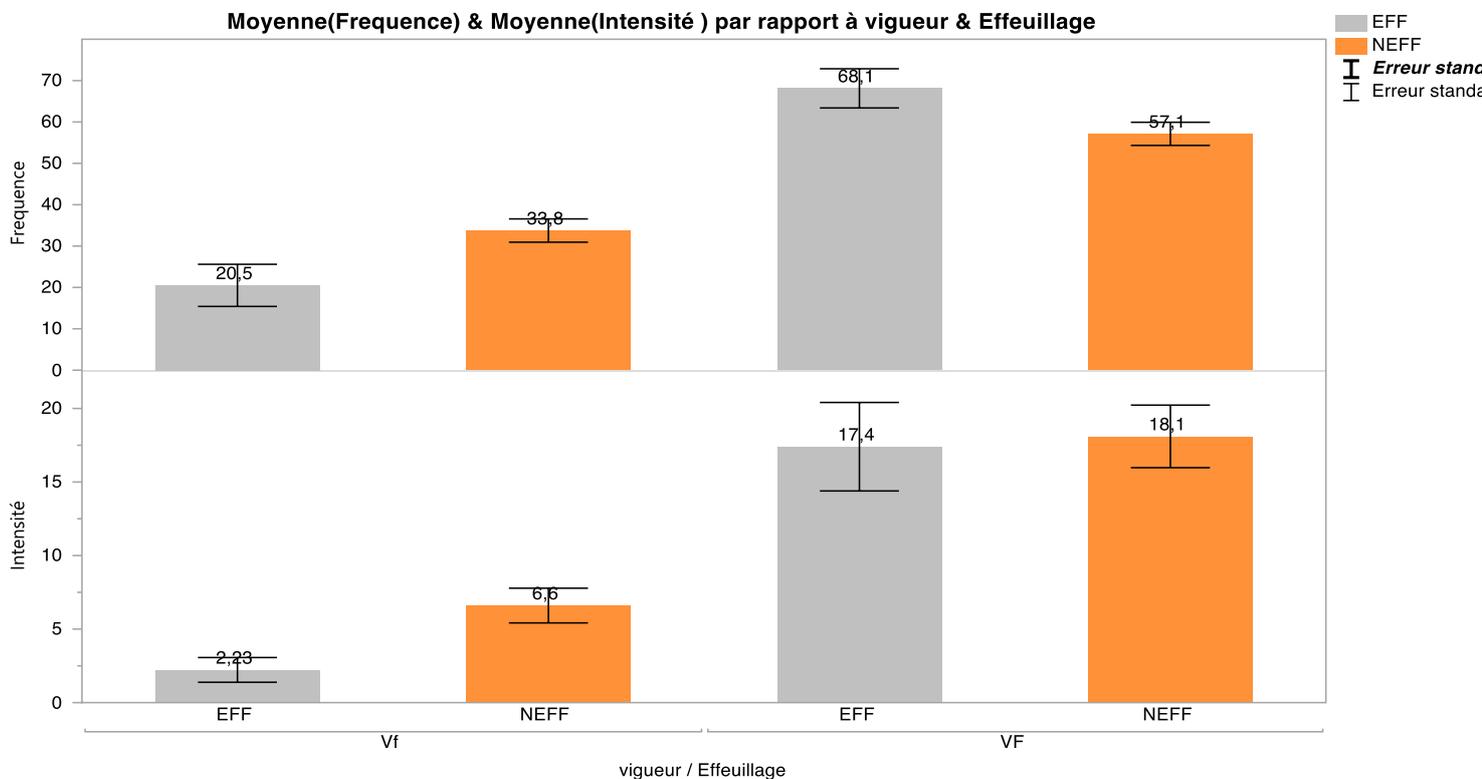


Figure 23 Comparaison des différents effets de la vigueur et de l'effeuillage sur l'échaudage (JMP, 2019)

1.2 L'effeuillage est un facteur améliorateur de la qualité de pulvérisation

Nous avons effectué un test visant à montrer que l'effeuillage est une pratique amélioratrice de la qualité de pulvérisation comme vu dans la revue bibliographique. Ce test évalue le taux de recouvrement de la grappe par le produit appliqué (note sur 5) en fonction des modalités suivantes : EFF, NEFF, Extérieur et Intérieur. Ce test est effectué en vigueur forte. Les résultats sont illustrés par la *figure 22*.

Les résultats du test de Shapiro-Wilk en *ANNEXE I* ne nous donnent pas une répartition normale des données. Nous effectuons alors un test non paramétrique de Wilcoxon comparant les modalités effeuillées et non effeuillées (*ANNEXE II*). Le recouvrement des grappes est deux fois supérieur lors d'un effeuillage (moyenne de 4,09/5 avec effeuillage contre 1,93/5 sans effeuillage). Sur la partie effeuillée, l'exposition (face intérieure à la canopée ou face extérieure) n'influence pas la qualité de la pulvérisation : le taux de recouvrement de la grappe est bon pour les deux faces. Cependant, sans effeuillage, le recouvrement de la face extérieure est significativement deux fois supérieur par un test de Student à celui de la face intérieure.

Les résultats confirment l'impact positif de l'effeuillage précoce sur la pulvérisation : il multiplie par deux la quantité de produit directement déposé sur les grappes. Ce résultat est très intéressant si l'on fait référence au fait que les produits utilisés peuvent être des produits de contact, et que dans ce cas leur efficacité dépend du bon recouvrement des grappes.

1.3 Évaluation de l'impact de l'échaudage sur les grappes en fonction de l'effeuillage

On rappelle que l'été 2019 a fait face à deux épisodes caniculaires entre le 25 et 29 juin puis du 23 au 26 juillet. Les températures ont atteint des valeurs maximales allant jusqu'à 44,6°C au sein de la canopée en juillet (données enregistrées par les capteurs Leafcrop). Ce type d'évènements exceptionnels, à l'image des multiples effets du changement climatique, montrent toute l'importance de bien anticiper les répercussions de la mise en place de nouvelles pratiques au vignoble. En effet, l'effeuillage a pour conséquence d'augmenter l'exposition des grappes au soleil. L'impact de celui-ci sur l'échaudage pourrait être considérable. Nous l'avons donc vérifié en réalisant les comptages présentés en *ANNEXE IV*.

Les données relevées sur ST 02 sont normales. A vigueur équivalente, le graphique en *figure 23* montre que l'effeuillage n'a aucun effet sur les taux d'échaudage observés sur cette parcelle (test HSD de Tuckey). Cela est confirmé par les recherches bibliographiques qui rappellent que les organes jeunes ont une meilleure capacité d'adaptation à la charge radiative. L'effeuillage précoce expose les raisins tôt dans la saison et leur plasticité à ce stade permet une adaptation progressive aux futurs rayonnements et températures élevées de la saison estivale (Pantin, 2018).

Le même travail a été mené sur dix parcelles du réseau et les résultats observés sont identiques et confirment que l'effeuillage n'a pas d'effet sur l'échaudage (source interne).

Si on revient sur ST02 pour analyser cette fois l'influence de la vigueur sur l'échaudage, on voit qu'elle ressort significativement comme un facteur déterminant de la sensibilité à l'échaudage (*figure 23*) ; en



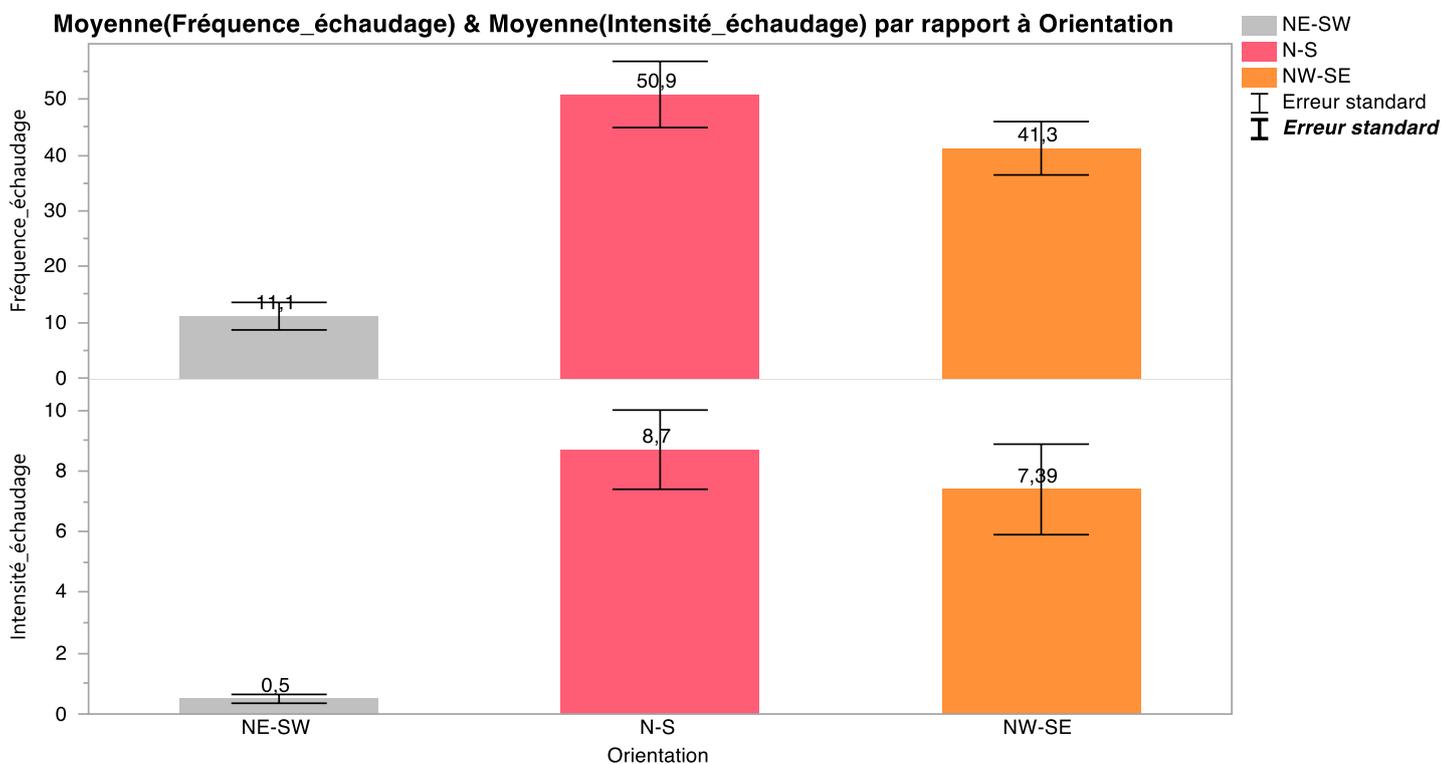


Figure 24 Influence de l'orientation des rangs sur le taux d'échaudage (JMP, 2019)

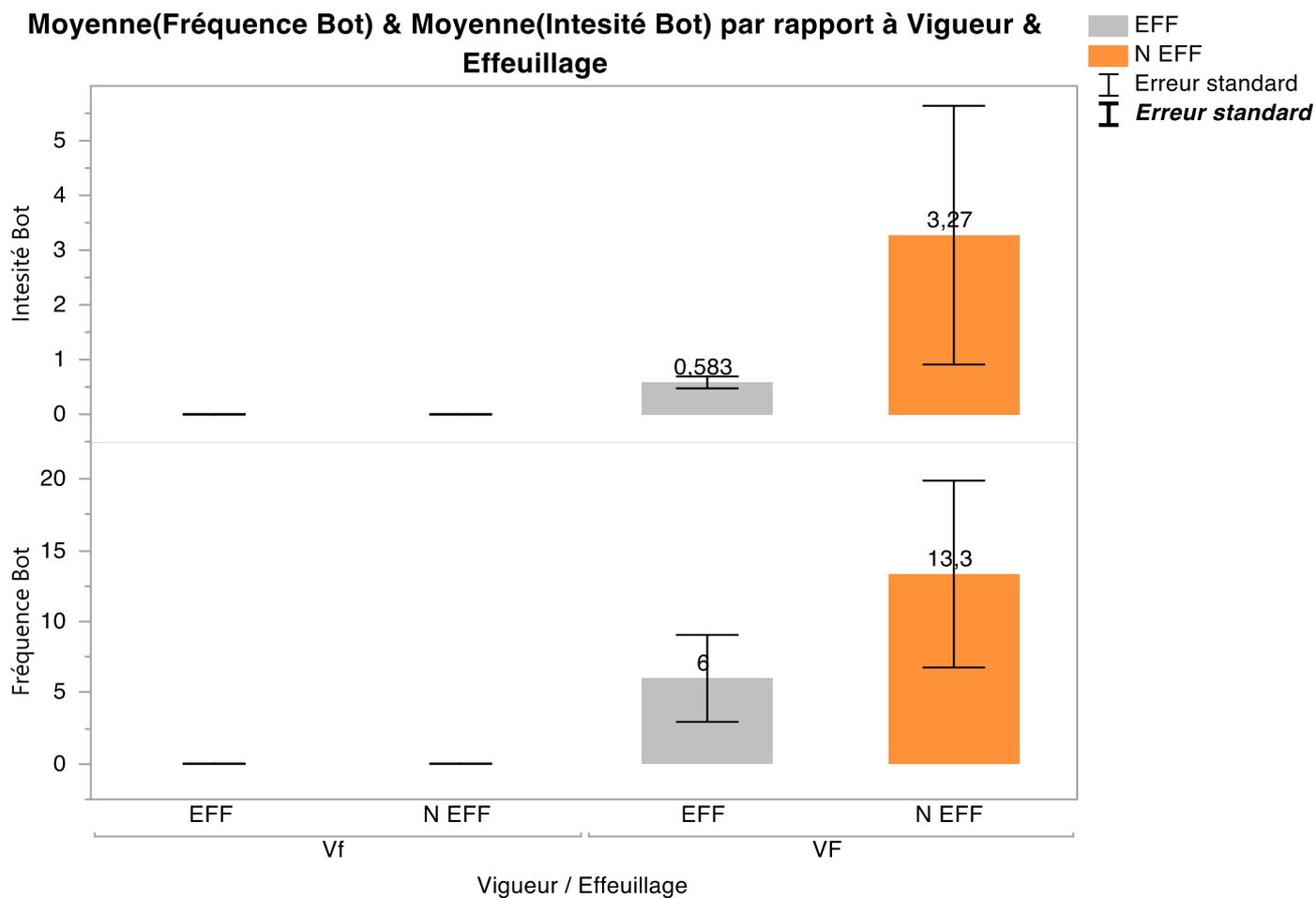


Figure 25 Fréquence et intensité d'attaque de Botrytis en fonction de la vigueur et de l'effeuillage (JMP, 2019)



effet les vigueurs faibles sont moins atteintes que les vigueurs fortes. Cependant il est important de remarquer que nous nous situons dans un cas de vigueurs extrêmement faibles. En effet, sur le reste des essais du vignoble, les observations montrent l'inverse, c'est-à-dire que les vigueurs moyennes à faibles sont plus sensibles à l'échaudage que les vigueurs fortes. Cela s'explique en partie par la sensibilité plus élevée au stress hydrique des vignes d'une vigueur faible à moyenne. Durant les fortes chaleurs, l'évapotranspiration n'est pas compensée par les capacités d'absorption de l'eau du sol par les racines (Vitisphère.com), ce qui entraîne le dessèchement des baies et augmente la sensibilité au rayonnement.

Enfin, les observations terrain sur l'ensemble du réseau d'essais du vignoble nous ont poussé à nous intéresser à l'importance de l'orientation des rangs, et à l'échaudage particulièrement élevé sur la face exposé soleil couchant. En effet, la face soleil couchant est touchée avec une fréquence 20% plus élevée et une intensité supérieure de 4.9% que la face soleil levant. Par conséquent, l'orientation des rangs joue un rôle primordial dans la sensibilité à l'échaudage, comme le confirme la *figure 24*. Le choix de l'orientation des rangs sera donc peut-être un élément très important dans les choix de replantations des années à venir car les vignes plantées Nord/Sud ou Nord-Ouest/Sud-Est sont davantage touchées que celles plantées en Est-Ouest.

En résumé, comme montré dans les recherches bibliographiques, l'effeuillage n'a pas d'influence sur le phénomène d'échaudage. Au contraire, la vigueur et l'orientation des rangs peuvent être l'explication de fréquences et d'intensités plus ou moins élevées.

2. Influence de l'effeuillage sur la qualité de la vendange

2.1 Influence de l'effeuillage sur l'état sanitaire du raisin à la vendange

2.1.1 L'effeuillage : facteur limitant du développement de Botrytis cinerea

2.1.1.1 Interprétation de l'impact croisé de l'effeuillage et de la vigueur

On a exprimé précédemment l'intérêt de piloter la vigueur d'une parcelle de vigne. L'essai construit ici permet justement de comparer les fréquences et intensités d'attaque de Botrytis en fonction de la vigueur, et donc de coupler cet effet vigueur à un effet effeuillage précoce.

Le graphique en *figure 25* résume les différences de fréquences et d'intensités observées pour Botrytis selon la vigueur et l'effeuillage.

Les résultats confirment les données bibliographiques. La comparaison entre vigueur faible et vigueur forte, modalités d'effeuillage confondues, montre que la vigueur est un facteur déterminant dans le développement de Botrytis. On observe des symptômes uniquement en vigueur forte (fréquence moyenne – 9.7 ; intensité moyenne – 1.9%). En vigueur faible, si on compare les modalités EFF et NEFF, l'effeuillage n'apporte aucun intérêt supplémentaire dans la protection contre le développement de Botrytis.



Moyenne(Fréquence Bot) & Moyenne(Intensité Bot) par rapport à Taitement & Effeillage

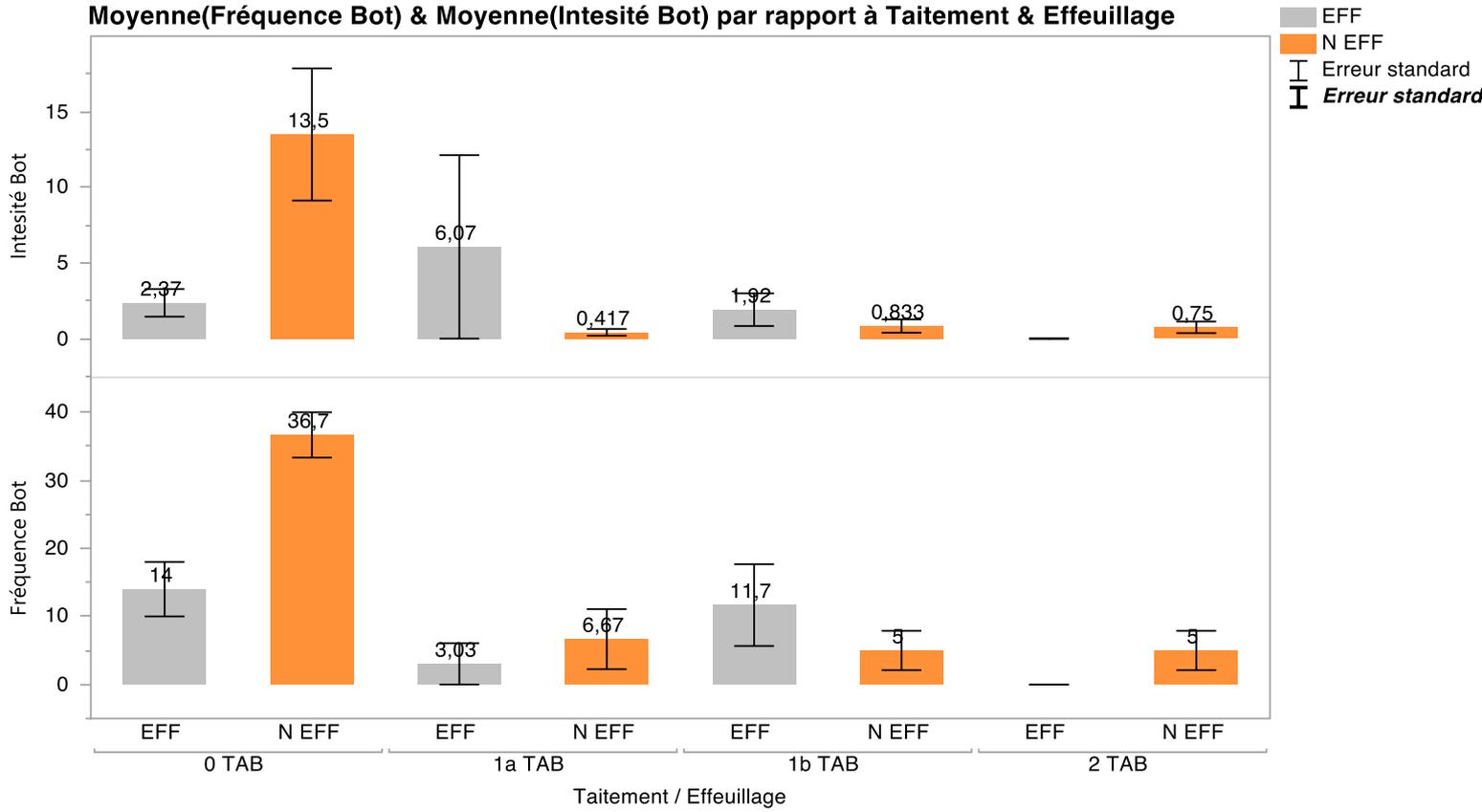


Figure 26 Fréquence et intensité d'attaque de Botrytis en fonction du nombre de traitements et de l'effeuillage (JMP, 2019)



Cependant, en vigueur forte, pour un nombre de traitements anti botrytis égal, l'effeuillage a tendance à diminuer la pression Botrytis cinerea : moins 7.3% en fréquence et de 2.7% en intensité (non significatif, *figure 25*).

En résumé, les études menées sur l'ensemble des parcelles confirment les données bibliographiques : la vigueur de la vigne est un facteur majeur de développement de la pourriture grise et l'effeuillage précoce semble être favorable à la diminution des symptômes liés à Botrytis.

2.1.1.2 Meilleure efficacité d'action des traitements anti botrytis lors d'un effeuillage précoce

Les résultats de l'essai construit sur PG01 sont résumés dans la *figure 26*. En croisant l'effeuillage au nombre de traitements, seule la modalité 0TAB est significativement différente entre EFF et NEFF. En l'absence de traitement (0TAB), l'effeuillage permet de baisser largement l'attaque de Botrytis cinerea (moins 20% en fréquence ; moins 10% en intensité). Dans le cas de la modalité à 2TAB, l'effeuillage a permis de passer de faibles fréquences et intensités de symptômes à l'absence totale de symptômes. Enfin en modalité 1TAB, aucune tendance ne montre que l'effeuillage couplé à 1 TAB diminue la pression de la pourriture grise.

Lors de l'énonciation du plan d'expérience, la modalité 1b TAB devait être réalisée après le passage de l'effeuilleuse. Seulement cette année, les délais entre les deux traitements ont été raccourcis, et le traitement stade B a été effectué avant l'effeuillage. L'intérêt de cette modalité était de tester si, connaissant l'impact de l'effeuillage sur la qualité de la pulvérisation, un traitement post effeuillage était plus efficace. Donc il n'est pas possible d'évaluer si l'effeuillage précoce avant le premier traitement permet d'obtenir la même efficacité de protection que l'application de deux traitements.

En résumé, nous avons montré que sans traitement, l'effeuillage permet de diminuer de plus de 20% la fréquence d'attaque de Botrytis cinerea et de 11.5% l'intensité. Couplé à un ou deux anti-botrytis, l'effeuillage ne montre pas d'intérêt significatif sur cet essai.

2.1.1.3 Impact de l'effeuillage sur le microclimat de la grappe dans les conditions de l'année et d'expérimentation

▪ Test de la fiabilité des stations météo

Pour s'assurer de valider des effets liés uniquement à l'effeuillage et non à la prise des mesures, on compare une prise de données dans des conditions identiques : les stations sont positionnées deux jours au même endroit. On étudie la variabilité sur la différence entre valeurs extrêmes à un instant donné pour la température et l'humidité relative. Il en ressort un écart type de 0,29 pour la température et de 1,43 pour l'humidité relative. Les écarts maximum sont de 1,7 °C pour la température et 3,6% pour l'humidité relative.

Ces écarts sont très faibles sur l'échelle des mesures, et on peut donc confirmer la fiabilité des mesures même si nous tiendrons compte de ces écarts pour nos interprétations futures.



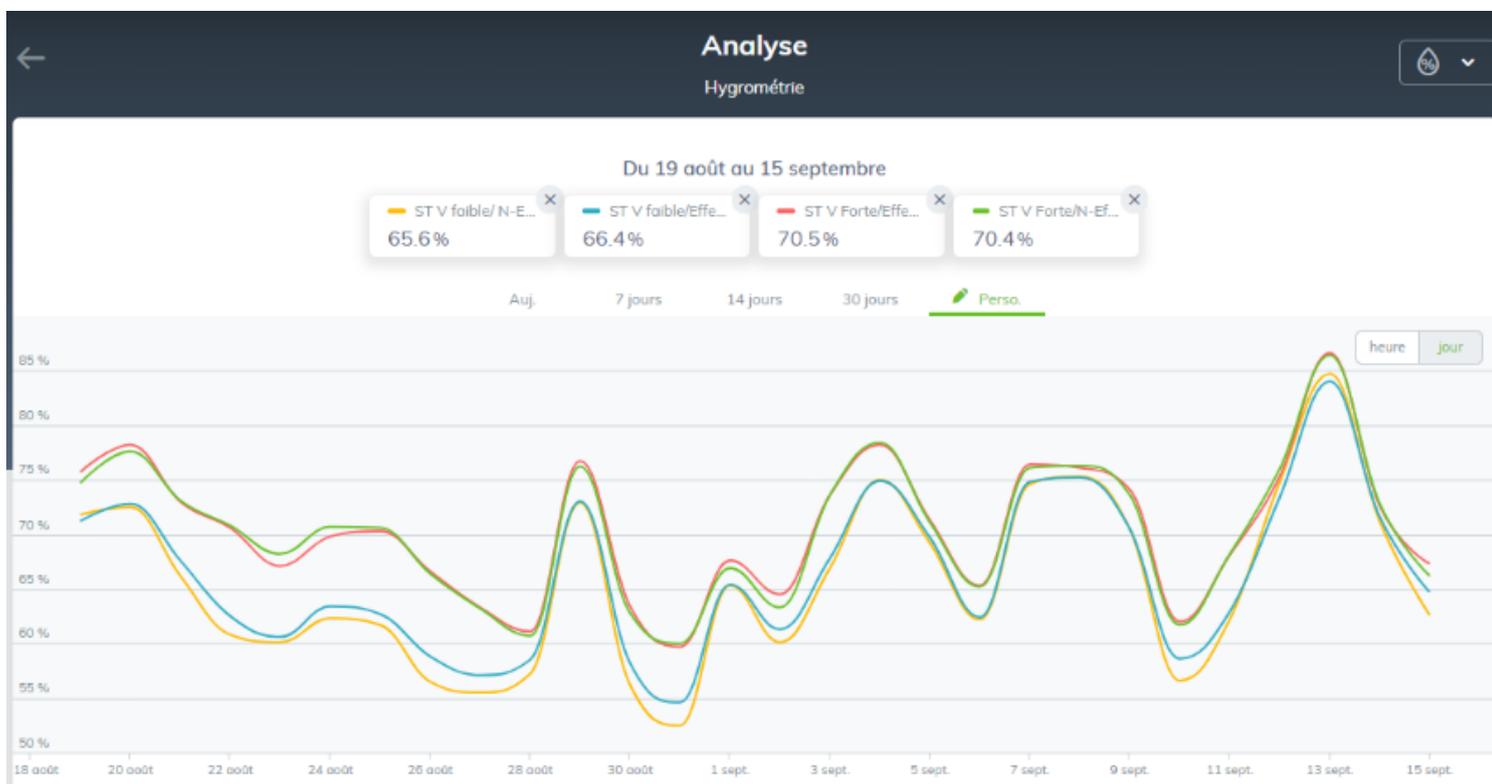


Figure 27 Variations des humidités relatives sur la période du 19 août au 15 septembre en fonction de la vigueur et de l'effeuillage (Sencrop, 2019)

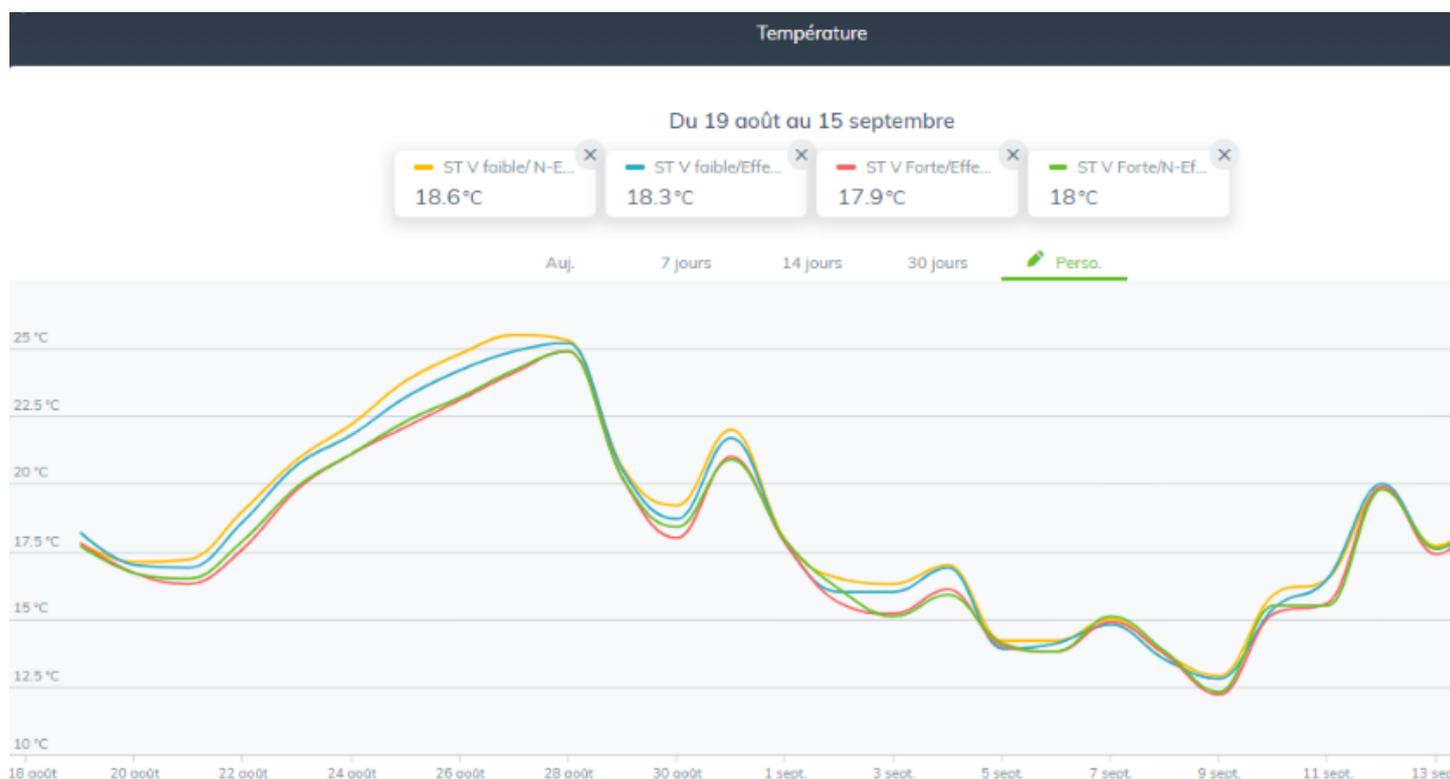


Figure 28 Variations des températures sur la période du 19 août au 15 septembre en fonction de la vigueur et de l'effeuillage (Sencrop, 2019)

- Évaluation du microclimat sur l'ensemble de la campagne végétative

Les recherches bibliographiques expliquent que l'effeuillage limite le développement des maladies cryptogamiques en partie par la modification du microclimat environnant des grappes. Une température comprise entre 20 et 25 °C, une humidité relative supérieure à 80% et une durée d'humectation prolongée de 2 à 3 jours sont des conditions très favorables au développement de Botrytis cinerea.

Les graphiques présentés en *figure 27 et 28* représentent les variations des données microclimatiques au cours du temps tout au long de la campagne.

Les stations météo nous donnent accès à un relevé toutes les 15 minutes des valeurs de température et d'humidité relative. On veut comprendre l'évolution au cours du temps des conditions microclimatiques de la canopée et on cherche à observer des différences entre modalités de vigueur.

Les *tableaux 7 et 8* résument les résultats d'analyse du calcul $\Delta T^{\circ VF - T^{\circ Vf}$ et $\Delta HR^{VF} - HR^{Vf}$ sur la période du 8 juillet au 2 septembre .

Tableau 8 résultats d'analyse du calcul $\Delta T^{\circ VF - T^{\circ Vf}$ sur la période du 8 juillet au 2 septembre(A.Herve,2019)

$\Delta T^{\circ} (VF - Vf) \text{ Max}$	4,5 °C
$\Delta T^{\circ} (VF - Vf) > 0$	44% du temps
$\Delta T^{\circ} (VF - Vf) > 1,5 \text{ °C}$	< 1% du temps

Tableau 8 Résultats d'analyse du calcul $\Delta HR^{VF} - HR^{Vf}$ sur la période du 8 juillet au 2 septembre(A.Herve,2019)

$\Delta HR (VF - Vf) \text{ Max}$	26,8%
$\Delta HR (VF - Vf) > 0$	86 % du temps
$\Delta HR (VF - Vf) > 5\%$	32 % du temps

Les résultats de comparaison précédents montrent que l'humidité relative est supérieure en vigueur forte 86% du temps. Et sur un tiers du temps, l'écart entre vigueur forte et vigueur faible est supérieur à 5%. On rappelle que pour une humidité relative proche de 80%, une différence de seulement 5 % peut avoir des répercussions sur le taux d'infection (Ciliberti,2015). Cet effet de la vigueur est confirmé dans les recherches bibliographiques. Il s'explique par une zone des grappes moins exposée et moins ventilée, conséquence d'un développement végétatif plus important. Cependant, les différences de températures entre modalités sont difficilement mises en évidence dans notre essai.



La méthode d'analyse utilisée nous permet donc de confirmer les données bibliographiques sur les modalités de vigueur. Les résultats obtenus de la même façon sur les modalités d'effeuillages sont regroupés dans les *tableaux 9 et 10*.

Tableau 9 Résultats d'analyse du calcul ΔT° (NEFF - T[°] EFF) sur la période du 8 juillet au 2 septembre (A.Herve,2019)

ΔT° (NEFF – EFF) Max	2,2°C
ΔT° (NEFF - EFF) > 0	70% du temps
ΔT° (NEFF – EFF) > 1,5 °C	< 1% du temps

Tableau 10 Résultats d'analyse du calcul ΔHR (NEFF-EFF)sur la période du 8 juillet au 2 septembre (A.Herve,2019)

ΔHR (NEFF – EFF) Max	8,3 %
ΔHR (NEFF – EFF) >0	34,7 % du temps
ΔHR (NEFF – EFF) > 5%	> 1% du temps

Ces résultats ne permettent pas de confirmer des différences liées à l'effeuillage sur la période des mois de juillet et d'août. Il est seulement possible d'isoler certaines séquences très ponctuelles sur lesquelles, après un pic supérieur à 90%, le taux d'humidité relative décroît plus rapidement dans une modalité effeuillée que non effeuillée.

Sur la parcelle PG 01, sur la même période, les différences observées sont encore plus faibles : les différences de température sont inférieures 2°C et les différences de HR inférieures à 4%.

On s'intéresse plus particulièrement aux 15 derniers jours précédant la vendange – période la plus sensible pour le développement de Botrytis cinerea. Les tendances observées sont résumées dans le tableau 11 suivant :

Tableau 11 Résultats d'analyse du calcul ΔT° VF - T[°] Vf et $\Delta HRVF$ – HRVf sur la période du 5 au 18 septembre(A.Herve,2019)

ΔT°(NEFF – EFF) < 0	67 % du temps
ΔHR (NEFF – EFF) > 0	90 % du temps



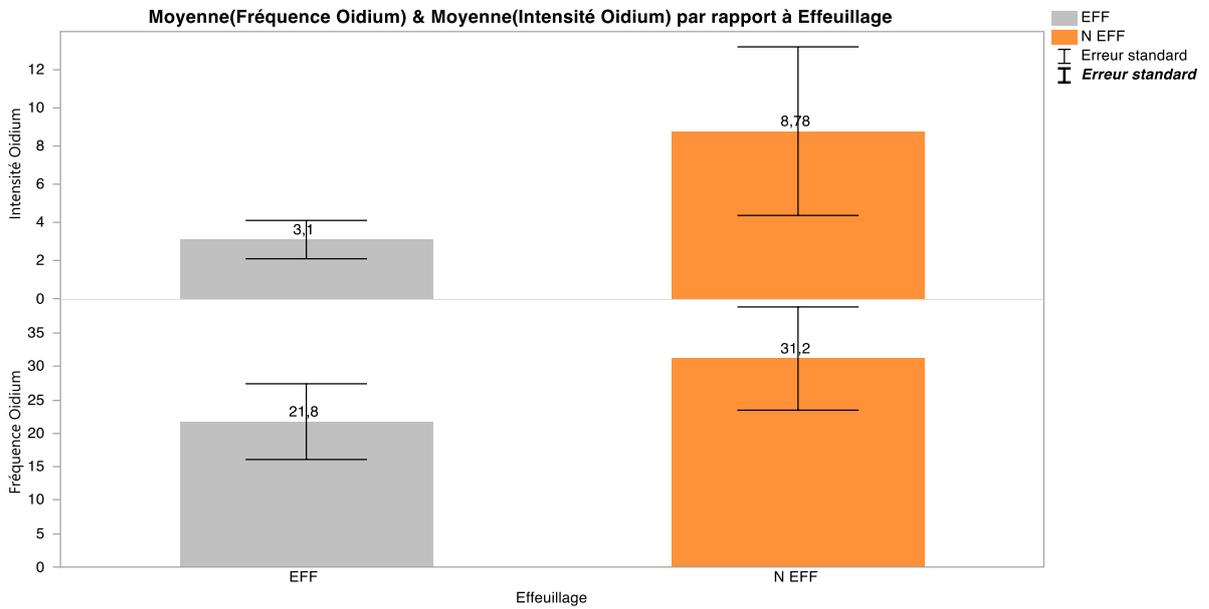


Figure 29 Fréquence et intensité d'attaque d'oidium en fonction de l'effeuillage (JMP, 19)

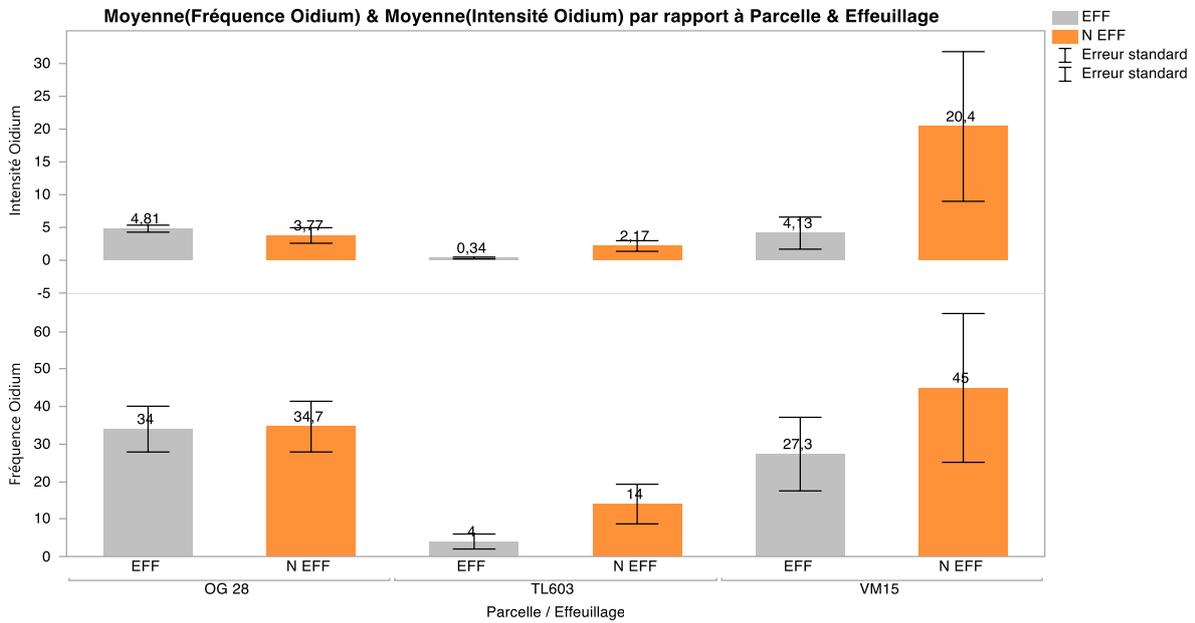


Figure 30 Fréquence et intensité d'attaque d'oidium en fonction de l'effeuillage par parcelle (JMP, 19)

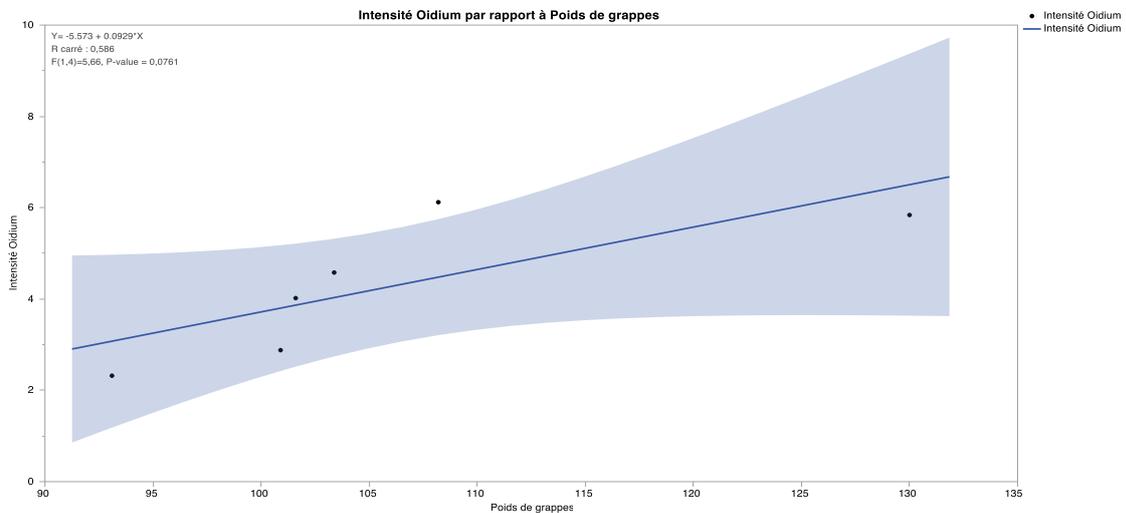


Figure 31 Corrélation entre le poids des grappes et l'intensité d'attaque de l'Oidium (JMP, 2019)

Les résultats montreraient la modification des conditions microclimatiques par l'application d'un effeuillage précoce, avec l'augmentation de la température et la diminution de l'humidité relative. C'est en cohérence avec une zone des grappes plus exposée et aérée sous l'effet de l'effeuillage. Mais bien que constantes, ces différences sont faibles. Les variations observées entre VForte-EFF et VForte-NEFF sont dans 90% du temps comprises entre 0.5 à 2 % en HR et de 1 à 2 °C en température.

Si on se rappelle la partie précédente sur la variabilité de la prise de mesure, ces différences peuvent être attribuées aussi bien à l'effeuillage qu'aux stations météo. De plus une différence si peu importante entre les modalités ne permet pas d'expliquer les différences observées sur les comptages maladies.

En résumé, les essais mis en place ainsi que les méthodes d'analyses confirment les données bibliographiques exprimant l'influence de la vigueur de la vigne sur l'environnement microclimatique des grappes. Aucune interprétation significative ne peut être faite néanmoins concernant l'influence de l'effeuillage sur ce même environnement microclimatique. Donc sur notre essai, malgré un effet positif de l'effeuillage pour limiter le développement la pourriture grise, il n'est pas possible d'expliquer cet effet par la modification de l'état microclimatique.

2.1.2 Tendence de l'effeuillage à limiter le développement de l'oïdium

L'année 2019 a été une année à forte pression d'oïdium. Dès la fleur, on pouvait observer des symptômes sur grappes, avec des grappes touchées à 100% en intensités dès le stade grain de pois. Devant une telle pression sanitaire, pour accompagner la campagne de traitement, il a été décidé d'effeuiller certaines parcelles très touchées.

Les *figures 29* et *30* résument les observations faites sur 3 parcelles d'essai du vignoble et permettant de montrer les effets de l'effeuillage sur le développement de l'oïdium sur le Chardonnay. Les différences observées ne sont pas significatives. Cependant une forte tendance se dégage et montre que l'effeuillage permet de diminuer de manière plus ou moins importante les fréquences et les intensités d'atteinte par l'oïdium. Par exemple sur VM15, l'effeuillage semble diminuer de plus de 20% la fréquence et de 15% l'intensité.

Cet effet de l'effeuillage s'explique pour beaucoup par une plus grande exposition aux rayonnements lumineux. Tel que cité dans la bibliographie, l'*Unicula necator* y est très sensible, les rayons empêchent la croissance mycélienne.

Comme montré dans le paragraphe sur l'impact de l'effeuillage sur la qualité de pulvérisation, on peut émettre l'hypothèse que l'effeuillage a permis une meilleure application des traitements classiques (utilisation de produit de contact), ainsi que des poudrages intercalaires, tout au long de la campagne. Certaines parcelles étaient déjà très atteintes en fréquence et en intensité avant que l'effeuillage soit effectué. Cela peut expliquer en partie que sur ces parcelles l'effeuillage ait eu un effet limité.

La vigueur, comme pour *Botrytis cinerea*, semble être, d'après les observations terrain, très favorable à l'oïdium. La *figure 31* montre une tendance d'un effet des poids de grappes, reliés ici à la vigueur, sur l'intensité. Plus les poids de grappes sont élevés en moyenne sur un prélèvement plus les intensités



Poids Grappes (g) & Tx Véraison (%) par rapport à Date

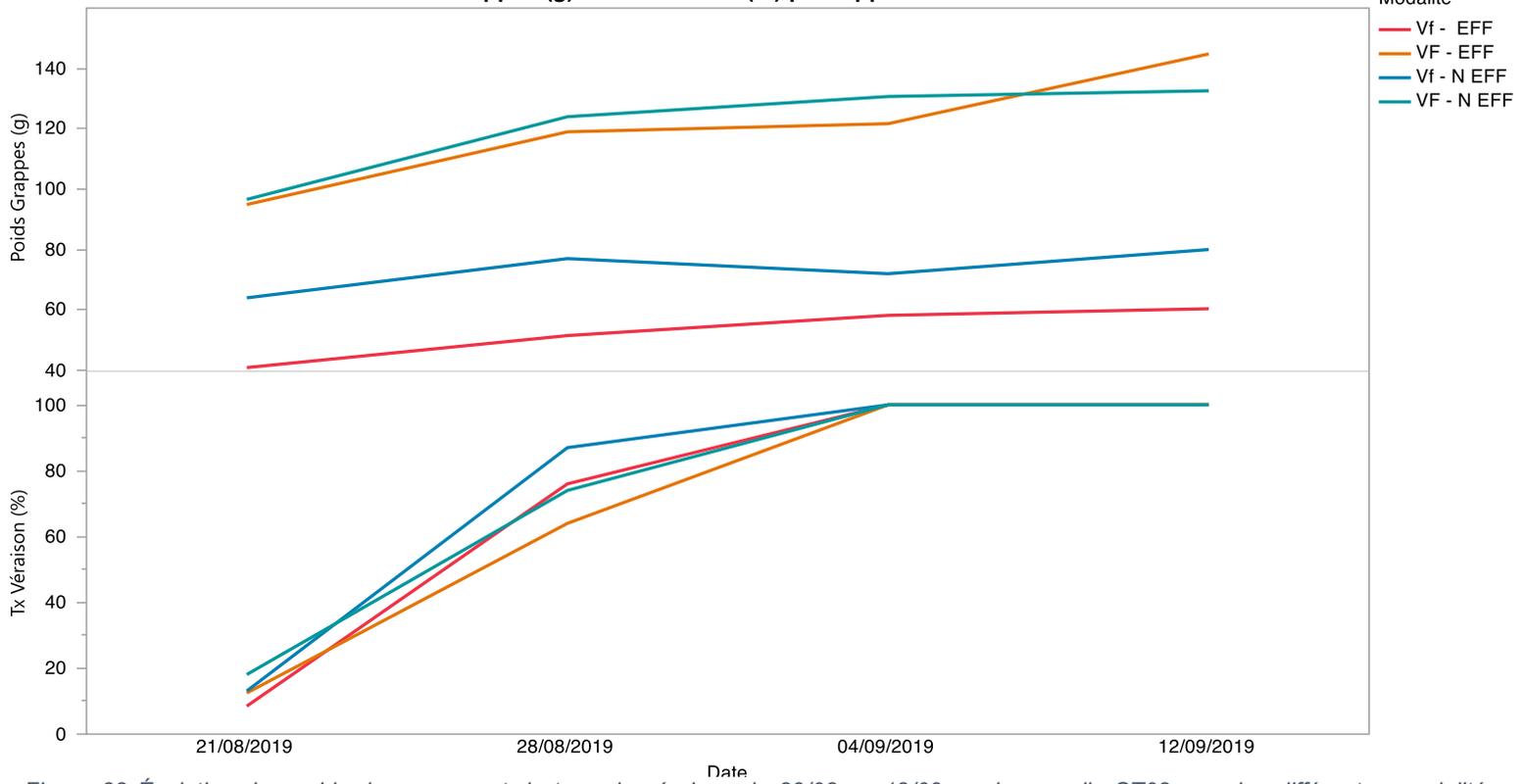


Figure 32 Évolution des poids de grappes et du taux de véraison du 29/08 au 12/09 sur la parcelle ST02 pour les différentes modalités d'effeuillage et de vigueur (JMP, 19)

pH et 3 plus par rapport à Date

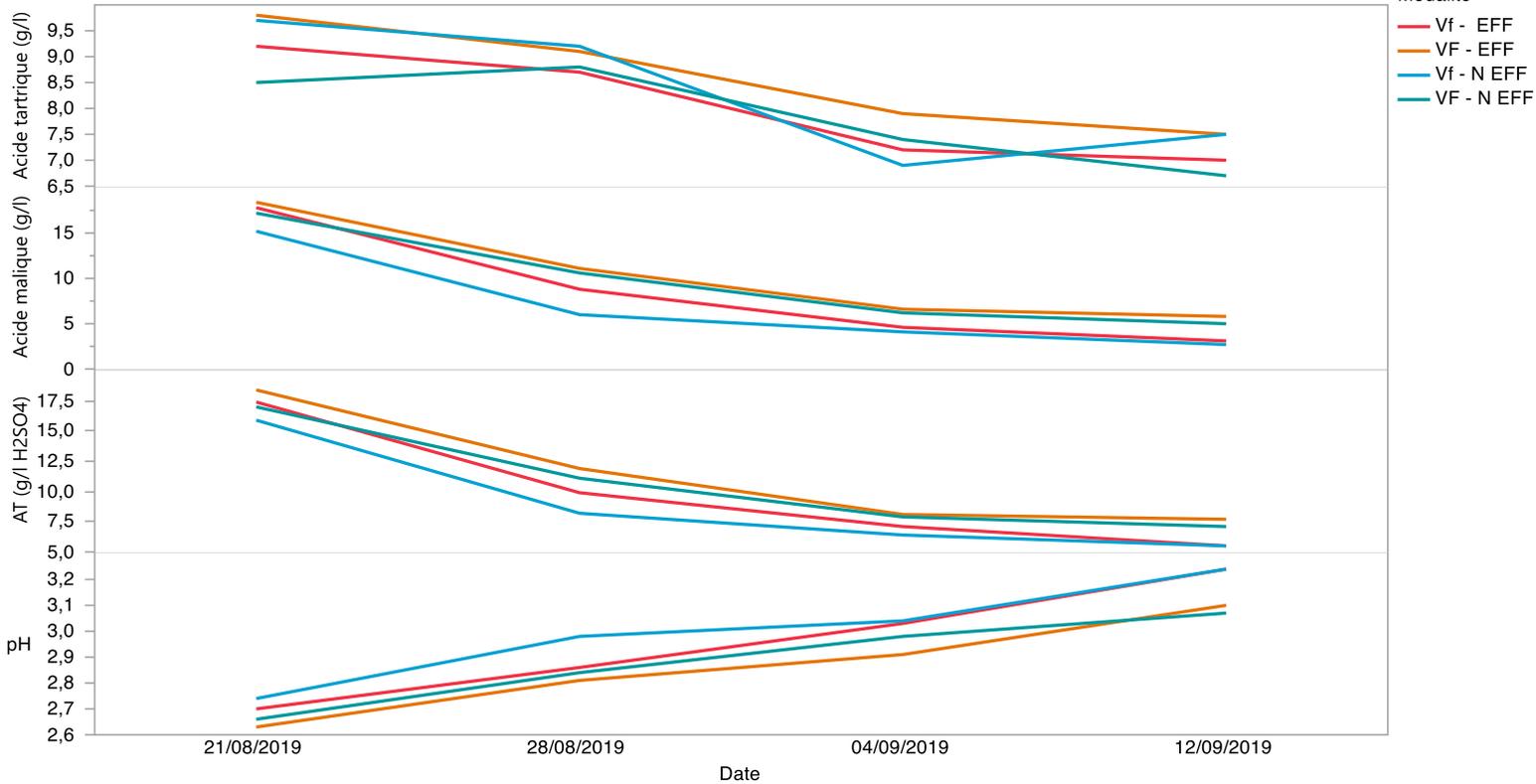


Figure 33 Évolution des différents paramètres d'acidité du 29/08 au 12/09 sur la parcelle ST02 pour les différentes modalités d'effeuillage et de vigueur (JMP, 19)



observées sont fortes. Cela conforte, les données bibliographiques relevant le rôle de la vigueur sur le développement des maladies (Botrytis et oïdium). Il aurait été intéressant de mettre en œuvre un essai visant à comparer l'effet de l'effeuillage sur le développement de l'oïdium en fonction du gradient de vigueur.

2.2 Influence de l'effeuillage sur les différents paramètres analytiques à la vendange

On a montré que l'effeuillage avait un impact positif sur le contrôle des maladies cryptogamiques tout au long de la campagne, l'objectif étant d'obtenir une vendange la plus saine et la plus qualitative possible. Naturellement se pose la question de l'impact de l'effeuillage sur la qualité organoleptique de la vendange. D'autant plus avec des équilibres de plus en plus impactés par le changement climatique (degré augmenté et acidité diminuée).

2.2.1 Dynamique de maturation durant la campagne végétative

Sur la parcelle ST02, on a suivi la dynamique de maturation pour chaque modalité. On a effectué un contrôle maturité une fois par semaine sur le mois précédent la vendange. Les figures 31 et 32 présentent les courbes d'évolution des paramètres mesurés au cours du temps.

De manière générale, aucune différence significative liée à l'effeuillage n'est observée. Les raisins suivent la même courbe de maturation et atteignent la même maturité finale. Seule la vigueur impacte la dynamique de maturation ainsi que l'équilibre final. En effet, pour les poids de grappes, on observe des différences du simple au double entre vigueur faible et vigueur forte (70 g en moyenne contre 140g). Concernant l'acide malique, les modalités Vforte et Vfaible partent d'une concentration similaire proche de 20 g/L. Tout au long de la maturation, les vigueurs faibles sont sujettes à une dégradation de l'acide malique plus importante, pour atteindre une concentration à la vendange de 4,4 g/L contre 6,4 g/L en vigueur forte. Cette dégradation plus importante pourrait s'expliquer par le fait qu'en vigueur faible le rideau végétatif est moins dense qu'en vigueur forte, et donc que les grappes sont soumises à une plus forte exposition, ce qui est source de dégradation de l'acide malique.

2.2.2 Analyse des moûts à la vendange

Sur l'ensemble des parcelles d'essai, on a effectué des contrôles de maturité à la vendange. Les paramètres suivis sont : les sucres, l'acidité totale, l'acidité malique, l'acidité tartrique, le potassium, le N ammoniacale, le N alpha-aminé. Les analyses sont regroupées dans la base de données présentée en ANNEXE VII. Les analyses des moûts ne permettent pas de mettre en évidence des différences entre modalités effeuillées et non effeuillées à l'exception des paramètres d'acidité. Ceux-ci sont présentés en figures 33 et 34. Les différences entre les modalités EFF et NEFF sont significativement différentes sur PG01 et OG 28 (différence de 0,9 g/L H₂SO₄).

Toutes les parcelles ne vérifient pas une différence d'acidité totale et tartrique significative mais la tendance est présente : L'acidité totale et l'acidité tartrique sont supérieures sur la modalité effeuillée. Seule TL603 ne le vérifie pas mais la partie effeuillée étant plus jeune que celle non effeuillée, il est difficile d'en tenir compte. Les différences observées sur le pH ressortent également significatives sur certaines parcelles. Elles sont de l'ordre de 0,03 point de pH. Bien que significative, cette différence n'aura pas de conséquence œnologique ni organoleptique sur les moûts.



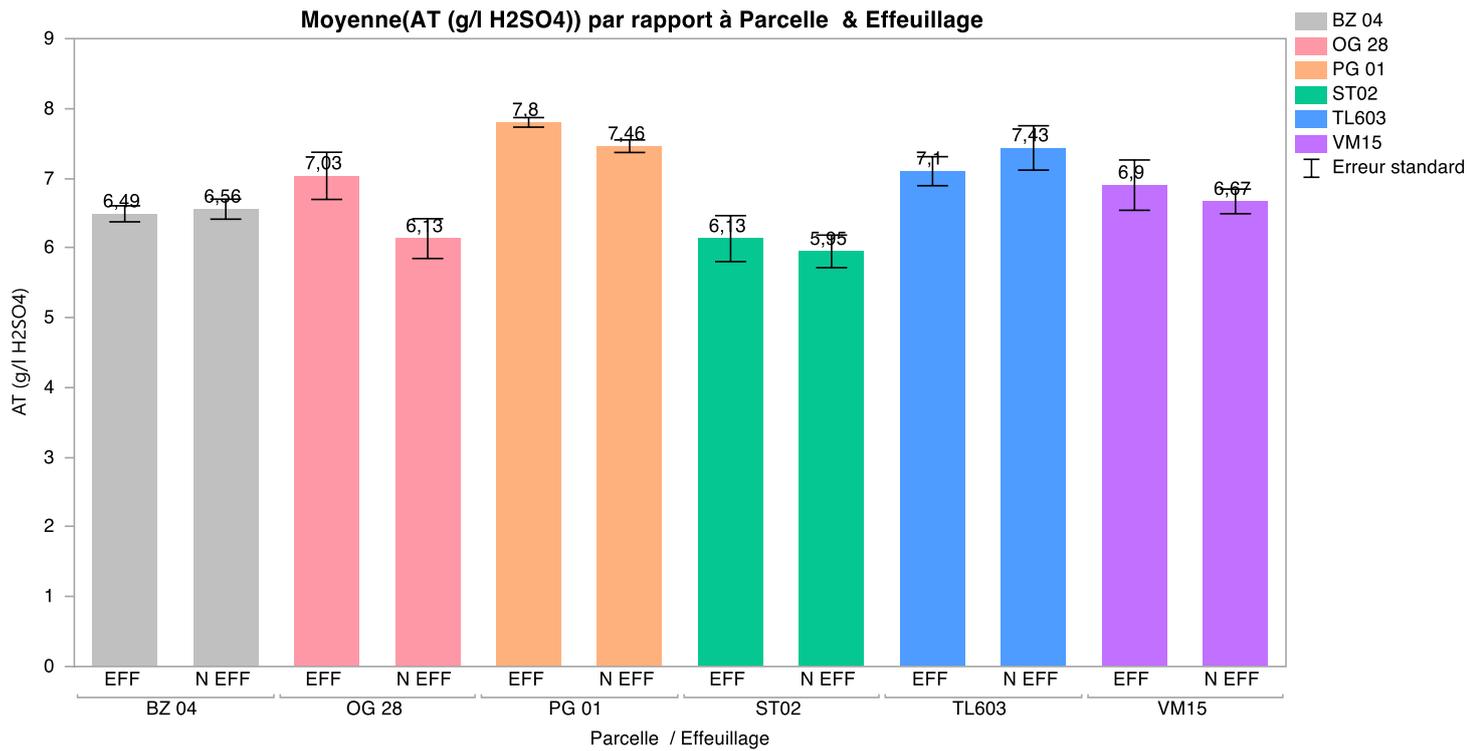


Figure 34 Acidité Totale mesurées à la vendange par parcelle en fonction des modalités EFF et NEFF (JMP, 19)

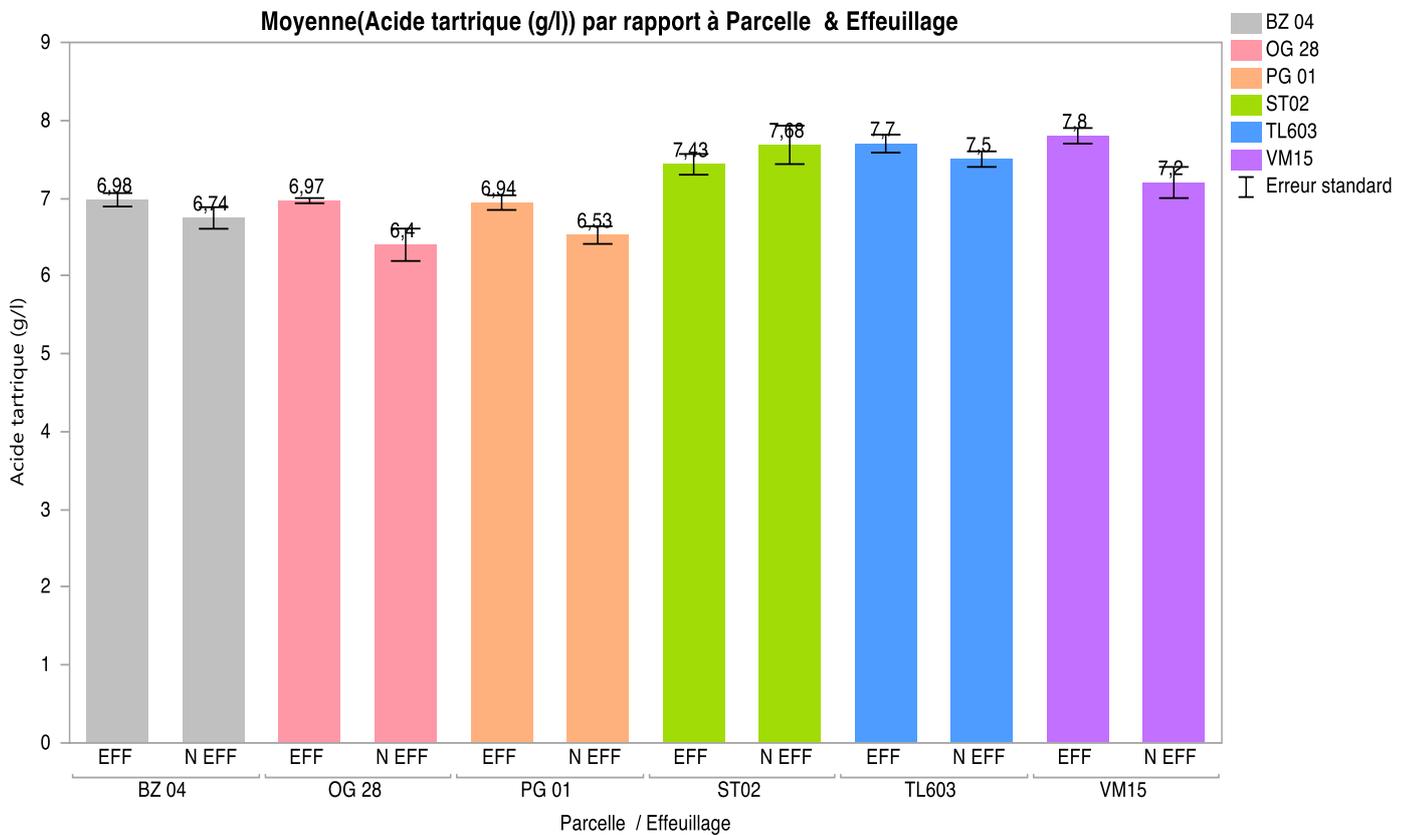


Figure 35 Acidité Tartrique mesurées à la vendange par parcelles en fonction des modalités EFF et NEFF (JMP, 19)



En résumé, l'effeuillage précoce n'a d'effet ni sur la dynamique de maturation ni sur la maturité finale. La seule exception qui se vérifie sur plusieurs parcelles est le cas de l'acidité totale et l'acide tartrique : il semble que l'effeuillage précoce permette d'augmenter les acidités dans les moûts.

La différence d'acidité totale entre modalité effeuillée et non effeuillée peut s'expliquer par la différence d'accumulation d'acide tartrique dans les baies. En effet, les tendances correspondent entre les mesures d'acide tartrique et d'acidité totale.

L'effeuillage élimine une partie des feuilles déjà adultes de la canopée. Cette suppression favorise la croissance des entre-cœurs et la formation plus importante de jeunes feuilles sur la période post floraison (J.C. Fournioux & R. Bessis, 1980). G. Ribéreau-Gayon montre en 1968 que seuls les organes jeunes en voie de croissance, feuilles et raisins, synthétisent l'acide tartrique. Cela expliquerait les différences de concentration en acide tartrique observées.

Le réchauffement climatique entraîne un décalage entre la maturité technologique de plus en plus rapidement atteinte, et la maturité aromatique. Celle-ci nécessite d'aller un peu plus loin dans le processus de maturation, ce qui engendre souvent une baisse d'acidité dans les moûts. Ce décalage et cette baisse d'acidité ont été particulièrement observés durant cette campagne 2019, or l'acidité est un paramètre essentiel pour la conservation et le vieillissement des vins de Champagne. De ce fait, un gain d'acidité total grâce à l'effeuillage serait alors un plus pour la démocratisation de cette technique.

3. Perspective d'amélioration, critique et discussion

L'année 2019 a été une année particulière durant laquelle il a fallu faire face à deux épisodes caniculaires et une forte pression oïdium. Cela nous a amené à adapter nos plans d'expérimentation et certaines limites sont apparues en fin d'expérience.

En dernière partie de campagne, on a pu se rendre compte que les différences entre les modalités effeuillées et non effeuillées que l'on pensait voir n'étaient pas observables par notre plan d'expérimentation. Les limites apparues alors sont les suivantes :

- Les parcelles choisies ne présentaient pas des vigueur suffisamment élevées et homogènes. Le positionnement des stations météo n'était donc pas idéal et n'a pas permis d'observer l'impact de l'effeuillage précoce sur le microclimat de la canopée tel que décrit dans les recherches bibliographiques. Les deux épisodes caniculaires ont accentué ce problème car beaucoup de feuilles ont brûlé avec les fortes chaleurs. Les différences entre les modalités EFF et NEFF ont été davantage réduites.
- Les capteurs météo présentaient l'avantage d'être connectés en temps réel, et le vignoble était déjà équipé d'une dizaine de stations météo du même fournisseur. Cependant, pour le type de paramètres que nous souhaitons suivre il aurait peut-être été préférable de choisir des capteurs de plus petites tailles, qu'il aurait été plus facile d'installer au sein de la canopée.
- On a montré que l'effeuillage permettait une forte amélioration de la qualité de pulvérisation. Pour cette raison, il semble très intéressant d'évaluer la qualité de la protection si le traitement anti



- botrytis est appliqué après l'effeuillage. Même s'il en était prévu ainsi dans le plan d'expérimentation, cet ordre n'a pas été respecté. On pourrait réitérer cette expérience pour essayer de supprimer le second traitement.

A l'avenir, des questions se posent sur la continuité des essais sur l'effeuillage précoce au vignoble. Cette année, la totalité de l'effeuillage a été faite en prestation de service, mais peut être serait-t-il plus intéressant pour la maison d'investir dans l'achat d'une effeuilleuse afin de pouvoir ajuster au mieux la période d'intervention. Celle-ci est d'une grande importance pour avoir une bonne efficacité de l'effeuillage et préserver l'intégrité des raisins. De plus, il est important de cibler, via l'historique des sensibilités, les parcelles à effeuiller en priorité.

L'effeuillage est également à prendre en compte pour la production de vins rouges à destination des assemblages de rosés. Cet axe pourrait être développé car il permettrait de travailler sur l'obtention de meilleures maturités phénoliques.



Conclusion

En conclusion, l'effeuillage précoce est une pratique viticole qui devrait s'étendre davantage sur les années à venir en Champagne. Cela se présente comme un outils très profitable à bien des égards qu'il est important de maîtriser dans son ensemble.

La suppression d'une partie du feuillage par un effeuillage précoce améliore la qualité sanitaire des raisins. De plus, il se présente comme une alternative efficace qui permettrait de diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires, et qui semblerait jouer favorablement sur l'équilibre sucre/acide. C'est cependant une pratique qui coûte chère, avec une fenêtre d'action restreinte.

L'ensemble des résultats présentés montrent globalement que l'effeuillage précoce permet de diminuer les fréquences et les intensités d'attaque des maladies cryptogamiques comme l'oïdium et *Botrytis cinerea*. Il améliore la qualité de pulvérisation, et semble influencer sur les paramètres d'acidité des raisins à la vendange. Les concentrations en acide tartrique et l'acidité totale ressortent significativement supérieures en modalité effeuillée pour certaines parcelles. C'est une perspective très intéressante sachant l'importance de l'acidité dans l'élevage et la conservation des vins de Champagne.

Nous avons suivi l'influence de l'effeuillage précoce corrélée à la vigueur de la vigne. Nous confirmons encore une fois que la vigueur est un facteur déterminant de l'état sanitaire du vignoble.

En parallèle, et donnant suite à cet essai, le vignoble Veuve Clicquot travaille sur l'asservissement de la pulvérisation. Grâce aux cartes de vigueur obtenues via le Physiocap, il est possible de programmer une carte GPS afin d'asservir l'ouverture ou la fermeture des buses en fonction du gradient de vigueur. Cela permet d'adapter les doses à l'hectare des produits appliqués, et même de les diminuer. C'est en accord avec nos résultats montrant qu'en dessous d'une certaine vigueur la pression des maladies est très faible et ne nécessiterait pas de protection phytosanitaire. Combiner ces nouvelles technologies à des pratiques telles que l'effeuillage précoce permettrait de piloter au mieux la protection phytosanitaire au vignoble.



Webographie

« 89-SGN-737-CHA.pdf ». Consulté le 29 avril 2019. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/89-SGN-737-CHA.pdf>.

« 2013-ASCL+Lorrain-UGVB.pdf ». Consulté le 29 avril 2019. <https://www6.bordeaux-aquitaine.inra.fr/sante-agroecologie-vignoble/content/download/5238/46928/version/1/file/2013-ASCL+Lorrain-UGVB.pdf>.

agriculture, Chambre d'. « L'effeuillage précoce, une alternative efficace », 3 mai 2019. <http://hautsdefrance-sinstallertransmettreagriculture.fr/actualites-du-pait/detail-de-lactualite/actualites/leffeuillage-precoce-une-alternative-efficace/>.

« Anémomètre Connecté ». *Sencrop* (blog). Consulté le 28 mai 2019. <https://sencrop.com/produits/anemometre-connecte/>.

« Association viticole du massif de Saint-Thierry | ». Consulté le 15 mai 2019. <http://massif-saint-thierry.com/>.

« Biologie du botrytis – Maladies de la vigne ». Consulté le 14 mai 2019. https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/vigne/maladies_de_la_vigne/botrytis_de_la_vigne/biologie_botrytis_de_la_vigne.html.

« Botrytis, symptômes et dégâts : Bayer-Agri ». bayer-agri.fr. Consulté le 30 avril 2019. https://www.bayer-agri.fr/cultures/botrytis-symptomes-et-degats_365/.

« Capteur d'humectation ». *Sencrop* (blog). Consulté le 15 mai 2019. <https://sencrop.com/produits/capteur-humectation/>.

« Carte pleine page ». Consulté le 29 mai 2019. <https://proep.comitechampagne.fr/EspacePro/WebMap/XtrFullPage?webMapId=f7955cbd7edb4624b9caceb4f073197a&z=1&l=1&g=0&b=1&s=1&zrange=5-14>.

« Collard - Leader mondial de la rogneuse de vigne ». Consulté le 6 mai 2019. <https://www.collard-constructeur.com/nos-equipements/effeuilleuses/>.

« Conséquences physiologiques de l'effeuillage de la vigne Revue de littérature - PDF ». Consulté le 6 mai 2019. <https://docplayer.fr/25906147-Consequences-physiologiques-de-l-effeuillage-de-la-vigne-revue-de-litterature.html>.

« Dossiers CHSCT : La prévention des risques professionnels des fongicides ». Consulté le 2 mai 2019. http://www.officiel-prevention.com/protections-collectives-organisation-ergonomie/risque-chimique/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=69&dossid=529.

« E 2200 F - EFUEILLEUSE PAR SOUFFLERIE - Maté Vi ». Consulté le 25 juin 2019. <https://www.matevi-france.com/viticulture/entretien-de-la-vigne/193-effeuilleuse-par-soufflerie/1079-e-2200-f.html>.

« effeuillage 2015_final.pdf ». Consulté le 3 mai 2019. https://www.union-champagne.fr/content/103/documents/magister/effeuillage%202015_final.pdf.

« exportcepage.pdf ». Consulté le 3 mai 2019. <http://plantgrape.plantnet-project.org/fr/Meunier/exportcepage>.

« Fongicide Kenja TM 400SC - PDF ». Consulté le 24 mai 2019. <https://docplayer.fr/15120865-Fongicide-kenja-tm-400sc.html>.

« Fongicides Teldor® : Bayer-Agri, traitement phytopharmaceutique pour la protection des cultures - Teldor® ». Consulté le 24 mai 2019. https://www.bayer-agri.fr/produits/fiche/fongicides-teldor/#top_etape_telechargement_produit-2-confirmation_1.

Early Basal Leaf Removal ». *Frontiers in Plant Science* 9 (2018). <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01122>.

« Glyphosate ». European Food Safety Authority. Consulté le 13 mai 2019. <https://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/glyphosate>.



« GUIDE_VIGNE_COMPLET.pdf ». Consulté le 3 mai 2019. https://nouvelle-aquitaine.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Nouvelle-Aquitaine/GUIDE_VIGNE_COMPLET.pdf.

« iobc-wprs_bulletin_2001_24_07.pdf ». Consulté le 22 mai 2019. http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/iobc-wprs_bulletin_2001_24_07.pdf#page=29.

« Kenja_LEAFLET-2.pdf ». Consulté le 3 juin 2019. http://www.belchim.fr/pdf/Leaflet/Kenja_LEAFLET-2.pdf.

« LE BOTRYTIS OU POURRITURE GRISE ». *IFV Occitanie* (blog). Consulté le 30 avril 2019. <http://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/le-botrytis-ou-pourriture-grise/>.

« Le terroir champenois est constitué d'un ensemble de paramètres : climat, sol, sous-sol, relief ». Consulté le 26 avril 2019. <https://www.champagne.fr/fr/terroir-appellation/terroir-champenois/le-terroir-champenois-definition>.

« Logiciel d'Analyse de données ». Consulté le 20 mai 2019. https://www.jmp.com/fr_fr/software/data-analysis-software.html.

« Mesure de l'Aw : Activity of water ». AGIR CRT, 7 juillet 2015. <http://www.agir-crt.com/blog/mesure-aw/>.

« Mesures agronomiques | EcophytoPIC ». Consulté le 24 mai 2019. <http://www.ecophytopic.fr/cl/pr%C3%A9vention-prophylaxie/mesures-agronomiques>.

« Pesticides : l'UE doit-elle interdire le glyphosate ? » Toute l'Europe.eu. Consulté le 13 mai 2019. <https://www.touteurope.eu/actualite/pesticides-l-ue-doit-elle-interdire-le-glyphosate.html>.

« pourriture grise, botrytis, vigne, maladies vigne, viticulture -Institut Français de la Vigne et du Vin ». Consulté le 30 avril 2019. <http://www.vignevin.com/publications/fiches-pratiques/la-pourriture-grise.html>.

« PULVERISATEUR A JET PORTE - Maté Vi ». Consulté le 25 juin 2019. <https://www.matevi-france.com/viticulture/pulverisation-foliaire/96-pulverisateur-a-jet-porte.html>.

« viti-2010-1-fr.pdf ». Consulté le 13 mai 2019. <http://www.oiv.int/public/medias/382/viti-2010-1-fr.pdf>.

« Viticulture Durable en Champagne Empreinte Biodiversité Carbone Eau ». Consulté le 2 mai 2019. <https://www.champagne.fr/fr/developpement-durable/viticulture-durable/certification>.



Bibliographie

- Acimovic, D., L. Tozzini, A. Green, P. Sivilotti, et P. Sabbatini. « Identification of a Defoliation Severity Threshold for Changing Fruitset, Bunch Morphology and Fruit Composition in Pinot Noir ». *Australian Journal of Grape and Wine Research* 22, n° 3 (2016): 399-408.
- Ajouz, Sakhr. « Estimation du potentiel de résistance de Botrytis cinerea à des biofongicides », s. d., 213.
- Barthe, Nicolas, et Ludovic Munoz. « Les GPS embarqués sur machines agricoles », s. d., 7.
- Bloesch, Bernard. « Stades phénologiques repères de la vigne ». *Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture* 40, n° 6 (2008): 4.
- Bulit, J., et R. Lafon. « Quelques aspects de la biologie du Botrytis cinerea pers., agent de la pourriture grise des raisins ». *OENO One* 4, n° 2 (20 juin 1970): 159-74.
- Carisse, Odile. « Comment bien utiliser ses fongicides – systémiques, translaminaires et cie – dans l'oignon », 2008, 5.
- Carreno, Alvaro REYES. « mémoire de fin d'études: Efficacite de l'effeuillage precoce sur l'état sanitaire DE LA VIGNE », s. d., 59.
- Ciliberti, Nicola, Marc Fermaud, Jean Roudet, et Vittorio Rossi. « Environmental Conditions Affect Botrytis Cinerea Infection of Mature Grape Berries More Than the Strain or Transposon Genotype ». *Phytopathology* 105, n° 8 (août 2015): 1090-96.
- « CN botrytis.pdf », s. d.
- Coertze, Sonja, et Gustav Holz. « Surface Colonization, Penetration, and Lesion Formation on Grapes Inoculated Fresh or After Cold Storage with Single Airborne Conidia of Botrytis Cinerea ». *Plant Disease* 83, n° 10 (octobre 1999): 917-24.
- Conradie, W. J., et D. Saayman. « Effects of Long-Term Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization on Chenin Blanc Vines. I. Nutrient Demand and Vine Performance ». *American Journal of Enology and Viticulture* 40, n° 2 (1 janvier 1989): 85-90.
- Couderchet, Michel. « Benefits and problems of fungicide control of Botrytis cinerea in vineyards of Champagne », 2015.
- Dubernet, Matthieu, Vincent Bouazza, Pierre Duprat, Marie Toussaint, et Laboratoires Dubernet. « Résidus phytosanitaires dans les vins : Un état des lieux. », 2015, 11.
- Dufourcq, Thierry, Christophe Gaviglio, Marc Raynal, Frédéric Charrier, et Eric Serrano. « Effeuilage de la vigne : intérêts pour la qualité du raisin et mécanisation. », 2009, 20.
- Fermaud, Marc, Jean Roudet, et INRA UMR-Save. « Amélioration de la prévention contre botrytis, indicateurs de risque au vignoble et perspectives des agents de lutte biologique », 2015, 9.
- Fermaud M, Liminana J M, Froidefond G and Pieri P (2001b) Grape cluster microclimate and architecture affect severity of Botrytis rot of ripening berries. *Bulletin OILB/SROP*: 24(7), 7-9.
- Fermaud, M., Roudet, J. & Davidou, L. 2011. Chambre d'Agriculture de la Gironde. Actualisation des connaissances sur la Pourriture grise de la vigne. Nuisibilité et épidémiologie. 7 p.
- « Fiche_Technique_Teldor.pdf », s. d.
- Froni, Tommaso, Dana Acimovic, Sergio Tombesi, Paolo Sivilotti, Alberto Palliotti, Stefano Poni, et Paolo Sabbatini. « Changes in Within-Shoot Carbon Partitioning in Pinot Noir Grapevines Subjected to Galet, Pierre. « Sensibilité des cépages à la pourriture grise et incidences économiques ». *OENO One* 4, n° 2 (20 juin 1970): 235-42.
- Gary, Christian, Aurélie Metay, et Florian Celette. « Enherbement et stress hydro-azoté de la vigne », s. d., 25.
- Gatti, M., A. Garavani, A. Cantatore, M. G. Parisi, N. Bobeica, M. C. Merli, A. Vercesi, et S. Poni. « Interactions of Summer Pruning Techniques and Vine Performance in the White Vitis Vinifera Cv. Ortrugo ». *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21, n° 1 (2015): 80-89.



Habran, Aude. « Effets de la nutrition azotée sur les baies de différentes combinaisons porte-greffe/greffon de vigne: approches agronomique, métabolomique et transcriptomique », s. d., 202.

Hed, Bryan, Henry K. Ngugi, et James W. Travis. « Relationship Between Cluster Compactness and Bunch Rot in Vignoles Grapes ». *Plant Disease* 93, n° 11 (novembre 2009): 1195-1201.

Hulands, Sarah, Dennis Greer, et John Harper. « The Interactive Effects of Temperature and Light Intensity on *Vitis Vinifera* Cv. Semillon Grapevines. I. Berry Growth and Development ». *European Journal of Horticultural Science* 78, n° 6 (2013): 249-57.

Larignon, Philippe. « Maladies cryptogamiques du bois de la vigne: symptomatologie et agents pathogènes », 1 mars 2012.

Marchal, Richard, Isabelle Tabary, Michel Valade, Dominique Moncomble, Laurence Viaux, Bertrand Robillard, et Philippe Jeandet. « Effects of *Botrytis Cinerea* Infection on Champagne Wine Foaming Properties ». *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81, n° 14 (2001): 1371-78.

Möttus, Matti, Madis Sulev, Baret Frederic, R Lopez-Lozano, et Anu Reinart. « Photosynthetically Active Radiation: Measurement and Modeling ». In *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, 7970-8000, 2011.

Northover, J. « Infection sites and fungicidal prevention of *Botrytis cinerea* bunch rot of grapes in Ontario ». *Canadian Journal of Plant Pathology* 9, n° 2 (1 juin 1987): 129-36.

Pantin, Florent. « Systèmes de conduite », s. d., 116.

« Photosynthetically Active Radiation: Measurement and Modeling ». In *SpringerReference*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.

Piqueras, Carlos M, Bernardo A Latorre, et René Torres. « Effectiveness of Isofetamid, a New Succinate Dehydrogenase Inhibitor Fungicide, in the Control of Grapevine Gray Mold ». *Ciencia e Investigación Agraria* 41, n° 3 (2014): 17-18.

Poni, Stefano, Lorenzo Casalini, Fabio Bernizzoni, Silvia Civardi, et Cesare Intrieri. « Effects of Early Defoliation on Shoot Photosynthesis, Yield Components, and Grape Composition ». *American Journal of Enology and Viticulture* 57, n° 4 (1 décembre 2006): 397-407.

Raynal, M, A Davy, et M Vergnes. « Physiocap®: un outil de mesure de la biomasse des bois de vigne », s. d., 4.

Robion, Victor. « Les impacts de l'effeuillage précoce sur les maladies cryptogamiques, les grappes, les raisins et leurs composés », 2015, 68.

Serrano, Eric, et Romain Renard. « L'EFFEUILLAGE DE LA VIGNE SYNTHÈSE DE QUATRE ANNEES D'ETUDES MENEES EN MIDI-PYRENEES », 2001, 13.

Tardáguila, Javier, María Paz Diago, Fernando Martínez de Toda, Stefano Poni, et Mar Vilanova. « Effects of Timing of Leaf Removal on Yield, Berry Maturity, Wine Composition and Sensory Properties of Cv. Grenache Grown under Non Irrigated Conditions ». *OENO One* 42, n° 4 (31 décembre 2008): 221.

« TD_Ampelographie_Gael_Vuille_2006.pdf », s. d.

Valdés-Gómez, H., (2007). Relations entre états de croissance de la vigne et maladies cryptogamiques sous différentes modalités d'entretien du sol en région méditerranéenne. Agronomie. Montpellier SupAgro, 257p.

Valdés-Gómez, Hector, Florian Celette, Marc Fermaud, Philippe Cartolaro, Michel Clerjeau, et Christian Gary. *Comment évaluer l'importance de la vigueur végétative dans la sensibilité de la vigne aux maladies cryptogamiques*. Vol. 123, 2006.

Valdés-Gómez, Hector, Marc Fermaud, Jean Roudet, Agnès Calonne, et Christian Gary. *Grey mould incidence is reduced on grapevines with lower vegetative and reproductive growth*. Vol. 27, 2008.

Viret, Olivier, Bernard Bloesch, Pierre-Henri Dubuis, et Katia Gindro. « Epidémiologie de *Botrytis cinerea* et stratégies de lutte ». *Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture* 42, n° 3 (2010): 162-67.



Tables des Annexes

Annexe I – Base de données normalité de données	65
Annexe II –Ensemble des tests de comparaisons des moyennes.....	66
Annexe III - Protocole d'évaluation de botrytis (Document interne Veuve Clicquot, 2017).....	67
Annexe IV - Protocole d'évaluation d'échaudage	68
Annexe V - Protocole d'évaluation du taux d'effeuillage.....	69
Annexe VI - Protocole test pulvérisation.....	70
Annexe VII - Protocole de mesure du taux d'effeuillage.....	71
Annexe VIII – Bases de données de l'ensemble de l'étude.....	72



Annexe I – Base de données normalité de données

Résultats du test de Shapiro-Wilk sur la base de donnée des mesures du taux d'effeuillage (JMP,19)

EFF, Vf		EFF,		NEFF, Vf		NEFF, VF	
Test du bon ajustement							
Test W de Shapiro-Wilk		Test W de Shapiro-Wilk		Test W de Shapiro-Wilk		Test W de Shapiro-Wilk	
W	Prob.<W	W	Prob.<W	W	Prob.<W	W	Prob.<W
0,962758	0,8359	0,910121	0,3549	0,909790	0,3526	0,917127	0,4070

Résultats du test de Shapiro-Wilk sur la base de donnée du test de la qualité de pulvérisation (JMP,19)

feeuillage	exposition	Y	W	Prob.<W
EFF	derrière	note	0,734775	0,0214*
N-EFF	derrière	note	0,840044	0,0995
EFF	devant	note	0,831142	0,1099
N-EFF	devant	note	0,869300	0,1830

Résultats du test de Shapiro-Wilk sur la base de donnée des mesures du taux d'échaudage en fonction de la vigueur et de l'effeuillage (JMP,19)

vigueur	Type	Y	W	Prob.<W
Vf	EFF	Frequence	0,948243	0,6935
Vf	EFF	Intensité	0,829855	0,0592
VF	EFF	Frequence	0,899058	0,2834
VF	EFF	Intensité	0,934729	0,5601
Vf	NEFF	Frequence	0,867403	0,1421
Vf	NEFF	Intensité	0,950912	0,7204
VF	NEFF	Frequence	0,955218	0,7635
VF	NEFF	Intensité	0,935169	0,5643

Résultats du test de Shapiro-Wilk sur la base de donnée des mesures de fréquences et d'intensités d'attaque de Botrytis cinerea (JMP,19)

Traitement	Effeillage	Y	W	Prob.<W
0 TAB	EFF	Fréquence Bot	0,812030	0,1436
0 TAB	EFF	Intensité Bot	0,959720	0,6141
1a TAB	EFF	Fréquence Bot	0,978652	0,7199
1a TAB	EFF	Intensité Bot	0,807325	0,1321
1b TAB	EFF	Fréquence Bot	0,923077	0,4633
1b TAB	EFF	Intensité Bot	0,998521	0,9265
0 TAB	N EFF	Fréquence Bot	0,817568	0,1572
0 TAB	N EFF	Intensité Bot	0,918122	0,4458
1a TAB	N EFF	Fréquence Bot	0,954236	0,5883
1a TAB	N EFF	Intensité Bot	0,966126	0,6465
1b TAB	N EFF	Fréquence Bot	1,000000	1,0000
1b TAB	N EFF	Intensité Bot	0,964286	0,6369
2 TAB	N EFF	Fréquence Bot	1,000000	1,0000
2 TAB	N EFF	Intensité Bot	0,892857	0,3631



ANNEXE II –Ensemble des tests de comparaisons des moyennes

Résultats du test de Wilcoxon sur la qualité de pulvérisation (JMP, 19)

Résultats du test HSD Tuckey sur le taux d'effeuillage en fonction de la vigueur(JMP, 19)

Niveau	Moyenne des moindres carrés
NEFF,VF A	0,84750000
NEFF,Vf B	0,56000000
EFF,VF B	0,45375000
EFF,Vf C	0,27125000

Tests de Wilcoxon / Kruskal-Wallis (sommés des rangs)					
Niveau	Dénombrement	Somme des scores	Score attendu	Moyenne des scores (Moyenne-Moyenne0)/Std0	
EFF	11	203,000	143,000	18,4545	3,321
N-EFF	14	122,000	182,000	8,7143	-3,321

Test à 2 échantillons, approximation normale		
S	Z	Prob. > Z
203	3,32116	0,0009*

Test univarié, approximation du Khi deux		
Khi deux	Degrés de liberté	Prob. > khi deux
11,2163	1	0,0008*

Résultats du test HSD Tuckey sur le taux d'échaudage en fonction de la vigueur et de l'effeuillage(JMP, 19)

X	Y	Niveau	Moyenne
Effeillage	Frequence	NEFF A	45,437500
Effeillage	Frequence	EFF A	44,312500
vigueur	Frequence	VF A	62,625000
vigueur	Frequence	Vf B	27,125000
Effeillage	Intensité	NEFF A	12,350000
Effeillage	Intensité	EFF A	9,812500
vigueur	Intensité	VF A	17,750000
vigueur	Intensité	Vf B	4,412500

Résultats du test HSD Tuckey sur les fréquences et intensités d'attaques en fonction de l'effeuillage et du nombre de traitements phytosanitaires (JMP, 19)

X	Y	Niveau	Moyenne
Effeillage	Fréquence Bot	N EFF A	13,416667
Effeillage	Fréquence Bot	EFF A	7,258333
Taitement	Fréquence Bot	0 TAB A	25,333333
Taitement	Fréquence Bot	1 TAB B	6,675000
Taitement	Fréquence Bot	2 TAB B	2,666667
Effeillage	Intesité Bot	N EFF A	3,875833
Effeillage	Intesité Bot	EFF A	2,604167
Taitement	Intesité Bot	0 TAB A	7,933333
Taitement	Intesité Bot	1 TAB A	2,325000
Taitement	Intesité Bot	2 TAB A	0,376667



Résultats du test HSD Tuckey sur les fréquences et intensités d'attaques de *Botrytis cinere* en fonction de l'effeuillage et de la vigueur sur ST 02 (JMP, 19)

X	Y	Niveau			Moyenne
vigueur	Fréquence Bot	VF	A		9,6666667
vigueur	Fréquence Bot	Vf		B	0,0000000
Effeillage	Fréquence Bot	N EFF	A		6,6666667
Effeillage	Fréquence Bot	EFF	A		3,0000000
vigueur	Intensité Bot	VF	A		1,9366667
vigueur	Intensité Bot	Vf	A		0,0000000
Effeillage	Intensité Bot	N EFF	A		1,6366667
Effeillage	Intensité Bot	EFF	A		0,3000000

Résultats du test HSD Tuckey sur les fréquences et intensités d'attaques d'oïdium en fonction de l'effeuillage et de la vigueur sur ST 02 (JMP, 19)

X	Y	Niveau			Moyenne
Effeillage	Fréquence Oïdium	N EFF	A		31,2222222
Effeillage	Fréquence Oïdium	EFF	A		21,7777778
Effeillage	Intensité Oïdium	N EFF	A		8,7800000
Effeillage	Intensité Oïdium	EFF	A		3,1066667

Résultats du test HSD Tuckey sur l'acidité totale et l'acide tartrique par parcelle en fonction de l'effeuillage (JMP, 19)

Parcelle	Parcelle 2	X	Y	Niveau			Moyenne
BZ 04		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	N EFF	A		6,5777778
BZ 04		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	EFF	A		6,4888889
BZ 04		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	EFF	A		6,9888889
BZ 04		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	N EFF	A		6,7444444
OG 28		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	EFF	A		7,0000000
OG 28		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	N EFF	A		6,1333333
OG 28		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	EFF	A		6,9666667
OG 28		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	N EFF	A		6,4000000
PG 01		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	EFF	A		7,7916667
PG 01		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	N EFF		B	7,4666667
PG 01		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	EFF	A		6,9333333
PG 01		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	N EFF		B	6,5416667
ST02		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	EFF	A		6,1166667
ST02		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	N EFF	A		5,9333333
ST02		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	N EFF	A		7,6833333
ST02		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	EFF	A		7,4333333
TL603		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	N EFF	A		7,3666667
TL603		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	EFF	A		7,1000000
TL603		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	EFF	A		7,7000000
TL603		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	N EFF	A		7,5333333
VM15		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	EFF	A		6,9000000
VM15		Effeillage	AT(g/l H2SO4)	N EFF	A		6,6666667
VM15		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	EFF	A		7,8333333
VM15		Effeillage	Acide tartrique (g/l)	N EFF		B	7,2000000

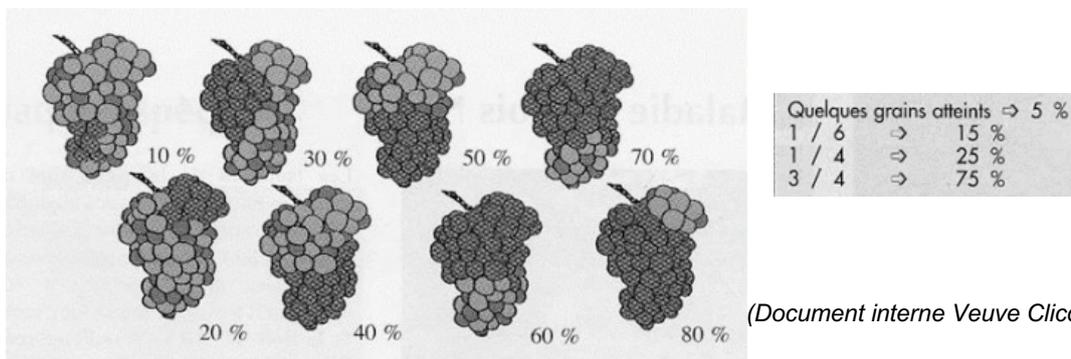


Annexe III - Protocole d'évaluation de Botrytis cinerea ou Oïdium (Document interne Veuve Clicquot, 2017)

- Pour chaque observations, 50 grappes sont observées.
- En fonction du nombre de modalité par parcelle, 3 observations sont faites par modalité.
- Pour chaque observation on évalue :

- **La fréquence** : nombre de grappes présentant des symptômes de botrytis sur l'ensemble des 50 grappes

- **L'intensité** : l'intensité est évalué selon les schémas présentés dans la figure ci-dessous



(Document interne Veuve Clicquot)



Fiche Protocole -Evaluation de l'échaudage-

Objectif : Evaluer le taux d'échaudage sur les différentes modalités afin d'observer s'il y a un effet effeuillage ou un effet vigueur.

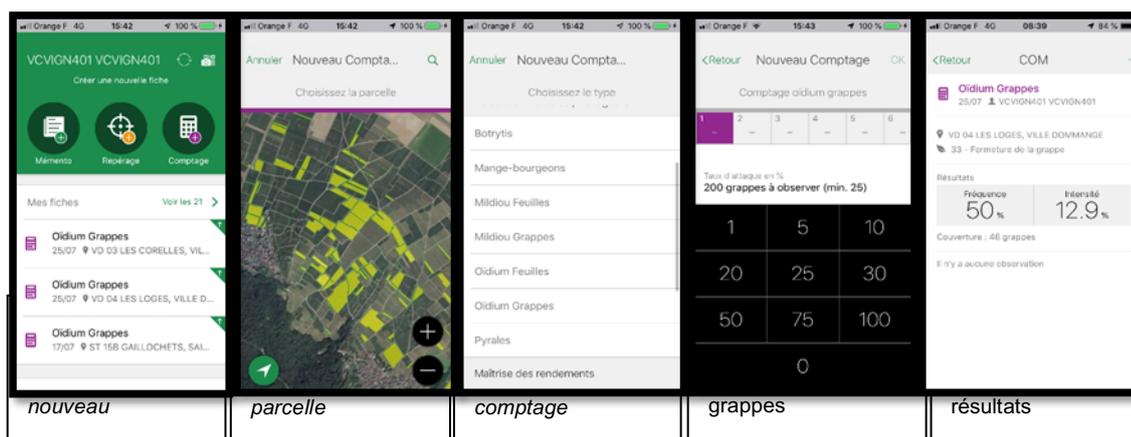
Modalités Nous avons 4 modalités :

- Vigueur Forte – Effeillé
- Vigueur Forte – Non Effeillé
- Vigueur faible – Effeillé
- Vigueur faible – Non Effeillé

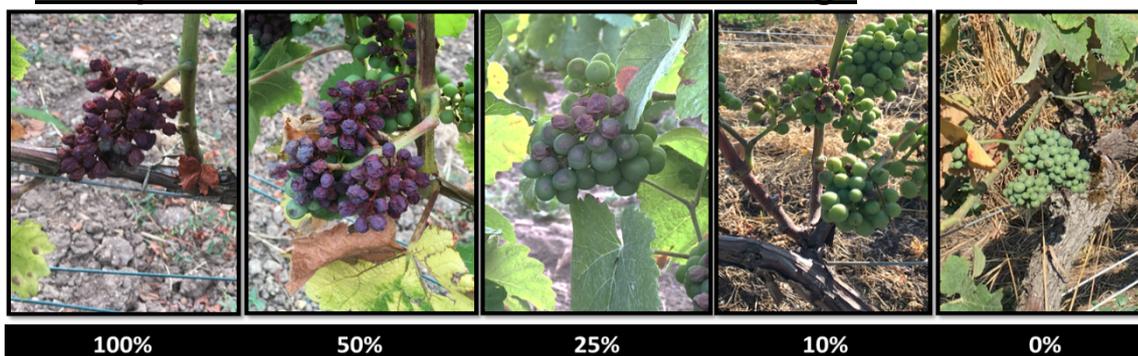
Protocole (Répété pour chacune des modalités)

- Sur le nombre de pieds correspondant à **25 grappes**, on observe l'ensemble des grappes.
- Pour chacune de grappes on relève le pourcentage de la grappe perdu par l'échaudage en utilisant le logiciel E-Cep. On obtient sur les **25 grappes** observées : une **fréquence** et une **intensité** moyenne d'échaudage
- On répète cette mesure **8 fois** par modalité

Démonstration d'utilisation d'E-Cep



Exemple d'évaluation d'intensité d'échaudage



Fiche Protocole -Évaluation Du Taux d'Effeuillage-

Objectif : Évaluer le taux d'effeuillage sur les différentes modalités afin d'évaluer l'intérêt selon les deux niveaux de vigueur.

Modalités Nous avons 4 modalités :

- Vigueur Forte – Effeillée
- Vigueur Forte – Non Effeillée
- Vigueur faible – Effeillée
- Vigueur faible – Non Effeillée

Protocole (Répété pour chacune des modalités)

- Positionnement du cadre au niveau de la canopée, centré sur le pied du cep.
- Pour chaque carré, évaluation du taux de remplissage par le feuillage (voir exemple ci-après)
- Calcul du taux d'effeuillage par le calcul de la moyenne du cadre sur les 25 carrés.
- On répète cette mesure **8 fois** par modalité

Exemple d'évaluation du taux de remplissage du feuillage.

Vigueur Faible –Non Effeillé



50	25	100	100	50
25	50	50	50	0
0	50	0	100	0
0	0	25	0	0
0	0	50	0	0

Vigueur Faible – Effeillé



50	50	100	100	100
25	100	100	50	100
100	50	50	50	100
25	25	25	0	0
0	100	50	0	25

Vigueur Forte – Effeillé



50	50	100	0	50
100	0	0	100	50
0	25	25	50	0
50	0	25	0	0
0	25	0	0	0

Vigueur Forte –Non Effeillé



50	50	50	100	100
100	100	100	100	100
100	100	100	100	100
0	0	100	100	100
0	0	25	100	100

Fiche Protocole -Qualité de Pulvérisation-

Objectif : Évaluer la qualité de pulvérisation selon la réalisation ou non d'un effeuillage.

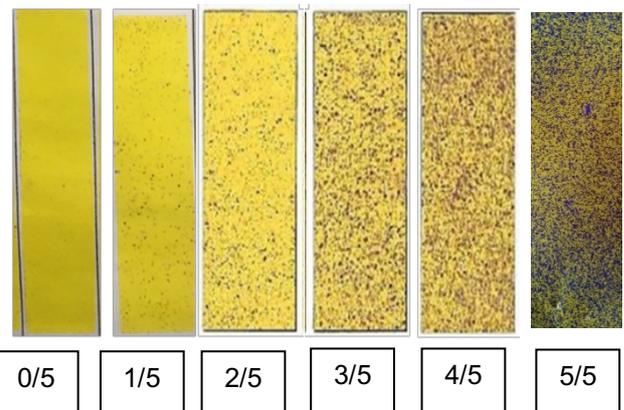
Modalités 4 modalités testées sur vigueur forte :

- Face Interne – Effeillé
- Face Interne – Non Effeillé
- Face Externe – Non Effeillé
- Face Externe – Effeillé

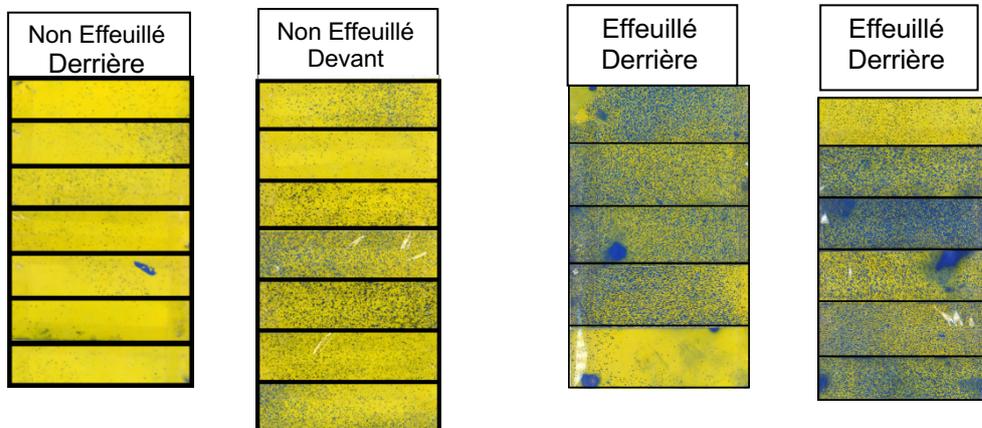
Protocole (Répété pour la modalité effeuillée et non effeuillée)

- Positionnement des papiers hydro sensibles au sein de la canopée. Cela se fait de façon à simuler une grappe dans la canopée.
- Nous positionnons 8 doublons de papiers (une face externe et interne associées)
- Une fois les papiers positionnés, passage du pulvérisateur chargé en eau. Les réglages sont ceux d'un traitement anti botrytis : seulement les deux buses du bas sont ouvertes.
- Les papiers sont ensuite ramassés puis noté selon la grille de notation en présenté ci-dessous.
- Le calcul des notes moyennes est fait pour chaque modalité. Le bleu signifie qu'il y a eu contact de produit.

Échelle de notation basée sur les tests de qualité de pulvérisation des jets porté réalisé sur l'ensemble des pulvérisateurs du vignoble (source interne)



Résultats obtenus :



Fiche Protocole -Contrôle Maturité-

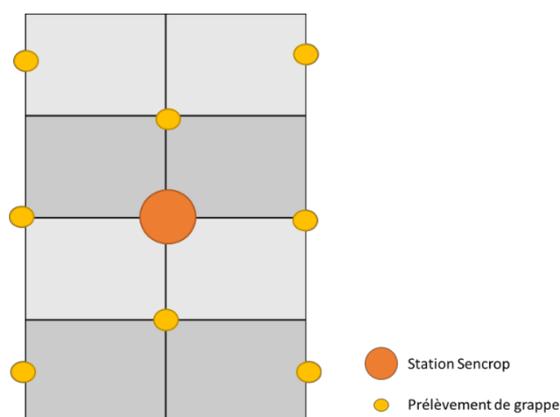
Objectif : Suivre l'évolution des paramètres analytiques de maturité du début de la véraison jusqu'à la vendange.

Modalités Nous avons 4 modalités :

- Vigueur Forte – Effeillé
- Vigueur Forte – Non Effeillé
- Vigueur faible – Effeillé
- Vigueur faible – Non Effeillé

Protocole (Répété pour chacune des modalités)

- Prélèvement aléatoire de 8 grappes dans la zone environnante de la station Sencrop (voir figure ci-dessous)
- Presser les grappes à l'aide du pressoir à main pneumatique
- Amener les échantillons pour les analyses au laboratoire.



Exemple de résultat d'analyse

Date	Vigueur	effeuillage	Tx Véraison (%)	Poids Grappes (g)	° réfracto (Atago)	AT (g/l H2SO4)	pH	Acide acétique (g/l)	Acide malique (g/l)	Acide tartrique (g/l)
21-août-19	V. forte	N EFF	18,1	96,6	5,3	17,0	2,66	0,01	17,2	8,5
	V. forte	EFF	12,5	94,9	4,8	18,4	2,63	0,01	18,4	9,8
	V. faible	N EFF	13,1	64	5,1	15,9	2,74	0,01	15,2	9,7
	V. faible	EFF	8,5	40,9	5,0	17,4	2,70	0,01	17,8	9,2
	ST02	ST02	9	108	5,0	17,5				

Potassium (mg/l)	N ammoniacal (mg/l)	N alpha-aminé (mg/l)	Gluconique (mg/l)	Glycérol (mg/l)	Masse vol. (kg/m3)
1500	181	87	6	20,1	1041,3
1610	225	71	1	25,4	1037,2
1848	254	88	2	21,9	1038,8
1801	210	93	3	36,9	1038,8



Annexe VIII – Bases de données de l'ensemble de l'étude.

Base de données des mesures du taux d'effeuillage (JMP, 19)

Base de données des notes du test de pulvérisation (JMP, 19)

Base de données des mesures du taux d'échouage (JMP, 19)

Vigueur	Effeillage	Type	Fréquence	Intensité	Feuillage	Exposition	Note	Type	placette	mesure cadre
Vf	EFF	EFF Vf	48	1,8	EFF	derrière	5	EFF Vf	1	0,15
Vf	EFF	EFF Vf	28	1,9	EFF	derrière	2	EFF Vf	2	0,4
Vf	EFF	EFF Vf	12	1,4	EFF	derrière	5	EFF Vf	3	0,3
Vf	EFF	EFF Vf	16	4,2	EFF	derrière	4	EFF Vf	4	0,22
Vf	EFF	EFF Vf	0	0	EFF	derrière	5	EFF Vf	5	0,36
Vf	EFF	EFF Vf	12	0,6	EFF	devant	5	EFF Vf	6	0,19
Vf	EFF	EFF Vf	20	0,7	EFF	devant	5	EFF Vf	7	0,32
Vf	EFF	EFF Vf	28	7,2	EFF	devant	5	EFF Vf	8	0,23
Vf	NEFF	NEFF Vf	24	10,8	EFF	devant	3	EFF Vf	1	0,44
Vf	NEFF	NEFF Vf	40	8	EFF	devant	4	EFF Vf	2	0,56
Vf	NEFF	NEFF Vf	36	5,3	EFF	devant	2	EFF Vf	3	0,76
Vf	NEFF	NEFF Vf	44	5,1	N-EFF	derrière	1	EFF Vf	4	0,74
Vf	NEFF	NEFF Vf	40	7,2	EFF	derrière	0	EFF Vf	5	0,26
Vf	NEFF	NEFF Vf	24	11,2	N-EFF	derrière	2	EFF Vf	6	0,28
Vf	NEFF	NEFF Vf	36	3,3	N-EFF	derrière	1	EFF Vf	7	0,2
Vf	NEFF	NEFF Vf	26	1,9	N-EFF	derrière	2	EFF Vf	8	0,39
VF	EFF	EFF VF	88	33,8	N-EFF	derrière	1	NEFF Vf	1	0,72
VF	EFF	EFF VF	72	22	N-EFF	devant	1	NEFF Vf	2	0,64
VF	EFF	EFF VF	52	10,9	N-EFF	devant	2	NEFF Vf	3	0,45
VF	EFF	EFF VF	73	13,6	N-EFF	devant	3	NEFF Vf	4	0,55
VF	EFF	EFF VF	52	6,4	N-EFF	devant	3	NEFF Vf	5	0,47
VF	EFF	EFF VF	56	14,8	N-EFF	devant	4	NEFF Vf	6	0,45
VF	EFF	EFF VF	72	15,1	N-EFF	devant	3	NEFF Vf	7	0,64
VF	EFF	EFF VF	80	22,6	N-EFF	devant	3	NEFF Vf	8	0,56
VF	NEFF	NEFF VF	64	13,2				NEFF Vf	1	0,9
VF	NEFF	NEFF VF	52	25,6				NEFF Vf	2	0,83
VF	NEFF	NEFF VF	52	22				NEFF Vf	3	1
VF	NEFF	NEFF VF	68	23,6				NEFF Vf	4	0,78
VF	NEFF	NEFF VF	57	12,6				NEFF Vf	5	0,76
VF	NEFF	NEFF VF	44	8,8				NEFF Vf	6	0,87
VF	NEFF	NEFF VF	64	21,4				NEFF Vf	7	0,76
VF	NEFF	NEFF VF	56	17,6				NEFF Vf	8	0,88

Base de données des suivis de contrôle maturité sur ST02 par modalité de vigueur et d'effeuillage (Exel, 19)

Modalité	Date	Ix Véraison (%)	Poids Grappes (g)	° réfracto (Atago)	AT (g/l H2SO4)	pH	Acide malique (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Potassium (mg/l)	N ammoniacal (mg/l)	N alpha-aminé (mg/l)
VF - N EFF	21-août	18,1	96,6	5,3	17,0	2,66	17,2	8,5	1500	181	87
VF - N EFF	28-août	74	124	6,9	11,1	2,84	10,6	8,8	1747	157	123
VF - N EFF	04-sept	100	130,7	8,4	7,9	2,98	6,2	7,4	1633	141	129
VF - N EFF	12-sept	100	132,6	9,1	7,1	3,07	5	6,7	1407	74	126
VF - EFF	21-août	12,5	94,9	4,8	18,4	2,63	18,4	9,8	1610	225	71
VF - EFF	28-août	64	119	6,8	11,9	2,81	11,1	9,1	1670	160	109
VF - EFF	04-sept	100	121,7	7,9	8,1	2,91	6,6	7,9	1527	134	112
VF - EFF	12-sept	100	144,8	9,2	7,7	3,1	5,8	7,5	1664	108	128
Vf - N EFF	21-août	13,1	64	5,1	15,9	2,74	15,2	9,7	1848	254	88
Vf - N EFF	28-août	87	77	8,0	8,2	2,98	6,0	9,2	1962	175	148
Vf - N EFF	04-sept	100	72	7,8	6,4	3,04	4,1	6,9	1448	165	141
Vf - N EFF	12-sept	100	80	10	5,5	3,24	2,7	7,5	1751	264	106
Vf - EFF	21-août	8,5	40,9	5,0	17,4	2,70	17,8	9,2	1801	210	93
Vf - EFF	28-août	76	51,5	8,1	9,9	2,86	8,8	8,7	1678	127	115
Vf - EFF	04-sept	100	58,2	9,1	7,1	3,03	4,6	7,2	1581	132	124
Vf - EFF	12-sept	100	60,4	11,1	5,5	3,24	3,1	7	1828	87	132



Parcelle	Cépage	Traitement	Stade traitement	Effeuillage	Placette	Poids de Grappe	Fréquence Bot	Intensité Bot	Fréquence Oidium	Intensité Oidium	* refracto (Aa/g)	AT (g/H2SO4)	pH	Acide malique (g/l)	Acide tartarique (g/l)	Potassium (mg/l)	N ammoniacal (mg/l)	N alpha-aminé (mg/l)	Glaucique (mg/l)	Glycérol (mg/l)
PG 01	MN	0 TAB		EFF	1	100	22	4,1			10,7	7,5	2,8	5,4	6,9	1219	51	89	20	0,1
PG 01	MN	0 TAB		EFF	2	118,3	10	2			10,4	7,4	2,83	4,6	7,1	1113	23	53	14	0
PG 01	MN	0 TAB		EFF	3	120,8	10	1			10,3	7,9	2,79	5,8	6,9	1014	53	70	10	0
PG 01	MN	0 TAB		N EFF	1	97,5	40	11			10,4	7,6	2,92	6	6,5	1261	55	99	32	0,2
PG 01	MN	0 TAB		N EFF	2	130,8	30	22			10,3	7,5	2,85	5,8	6,2	1045	24	65	20	0,09
PG 01	MN	0 TAB		N EFF	3	140,5	40	7,5			10,4	7,6	2,87	5,8	6,4	1188	42	80	73	0,21
PG 01	MN	1 TAB	a	EFF	1	139,3	9,1	18,2			10	8	2,84	6,2	6,8	1131	49	78	16	0,04
PG 01	MN	1 TAB	a	EFF	2	133,7	0	0			10	7,9	2,8	5,5	7,2	1087	39	60	<10	0,01
PG 01	MN	1 TAB	a	EFF	3	124,2	0	0			9,8	7,7	2,81	4,6	7,5	1059	26	56	<10	0,01
PG 01	MN	1 TAB	a	N EFF	1	83	5	0,5			10,5	7,1	2,87	4,7	6,5	1062	20	55	10	0,02
PG 01	MN	1 TAB	a	N EFF	2	78,4	0	0			10,7	6,9	2,88	4,5	6,5	1072	32	64	<10	0,01
PG 01	MN	1 TAB	a	N EFF	3	116	15	0,75			10,5	7,2	2,86	5	6,3	1061	36	72	12	0,03
PG 01	MN	1 TAB	b	EFF	1	107,3	20	3,75			10,3	7,9	2,84	6	6,7	1141	38	63	26	0,13
PG 01	MN	1 TAB	b	EFF	2	135,1	15	2			9,9	8,2	2,84	6,2	7,1	1226	39	69	14	0,08
PG 01	MN	1 TAB	b	EFF	3	112,8	0	0			10,4	8	2,84	6	6,9	1150	42	66	12	0,04
PG 01	MN	1 TAB	b	N EFF	1	117,6	0	0			10	7,4	2,81	4,9	6,7	1008	17	47	<10	0,01
PG 01	MN	1 TAB	b	N EFF	2	126,4	10	1			10,2	7,5	2,82	4,7	6,9	1063	28	60	<10	0,02
PG 01	MN	1 TAB	b	N EFF	3	128,9	5	1,5			10	7,9	2,82	5,6	7,1	1102	23	57	<10	0,03
PG 01	MN	2 TAB		EFF	1	133,7	0	0			10,1	7,8	2,84	5,3	7,3	1145	52	71	<10	0,01
PG 01	MN	2 TAB		EFF	2	102,6	0	0			10,2	7,5	2,81	4,7	6,6	1062	24	48	<10	0,01
PG 01	MN	2 TAB		EFF	3	113,2	0	0			10,6	7,8	2,83	5,5	6,3	1091	34	65	<10	0,02
PG 01	MN	2 TAB		N EFF	1	88,5	0	0			10,2	7,7	2,84	4,9	6,7	1100	43	65	<10	0,02
PG 01	MN	2 TAB		N EFF	2	118,8	10	1,25			11	7,2	2,88	4,9	5,6	1118	42	79	27	0,04
PG 01	MN	2 TAB		N EFF	3	128,7	5	1			10	7,9	2,83	5	6,9	1147	58	69	15	0,04
BZ 04	PN	0 TAB		EFF	1	134,1	2	0,1			10,1	6,6	2,85	3,4	6,9	1044	25	66	26	0,28
BZ 04	PN	0 TAB		EFF	2	134,8	0	0			9,1	6,8	2,82	3,5	7	1044	31	60	11	0,16
BZ 04	PN	0 TAB		EFF	3	152,8	4	0,5			10,4	6,1	2,95	2,9	7,3	1240	88	98	14	0,23
BZ 04	PN	0 TAB		N EFF	1	147	6	0,4			11,6	6	2,92	3,2	6,2	1063	24	68	25	0,45
BZ 04	PN	0 TAB		N EFF	2	178,2	30	6,1			10,2	6,6	2,86	3,9	6,6	1001	33	70	23	0,48
BZ 04	PN	0 TAB		N EFF	3	150,8	2	0,2			9,9	6,6	2,9	3,9	6,5	1071	42	75	33	0,34
BZ 04	PN	1 TAB	a	EFF	1	125,4	0	0			9	6,6	2,79	3,2	7,1	928	15	45	6	0,12
BZ 04	PN	1 TAB	a	EFF	2	111,4	6	0,3			9,7	6,1	2,88	3	6,7	1075	28	60	8	0,15
BZ 04	PN	1 TAB	a	EFF	3	137,8	0	0			9,1	6,2	2,94	3,1	7	1176	91	94	9	0,13
BZ 04	PN	1 TAB	a	N EFF	1	134,4	0	0			10,1	6,3	2,91	3,2	6,8	1095	37	75	12	0,16
BZ 04	PN	1 TAB	a	N EFF	2	163,1	10	3,2			10,7	6,4	2,9	3,6	6,5	1088	43	78	32	1,01
BZ 04	PN	1 TAB	a	N EFF	3	141,6	4	1,1			9,6	6,2	2,93	3	7,1	1129	88	93	11	0,2
BZ 04	PN	2 TAB		EFF	1	133,4	2	1			10,2	7	2,81	3,7	7,3	1048	20	52	44	0,35
BZ 04	PN	2 TAB		EFF	2	127,4	6	0,5			9,4	6,8	2,84	3,7	7	1029	32	67	11	0,26
BZ 04	PN	2 TAB		EFF	3	157,6	0	0			10,3	6,2	2,91	3,4	6,5	1036	53	78	34	0,46
BZ 04	PN	2 TAB		N EFF	1	143,4	2	0,1			9,2	6,8	2,83	3,6	7,1	1025	11	45	10	0,14
BZ 04	PN	2 TAB		N EFF	2	134,4	2	0,1			9,8	7,5	2,87	4,2	7,5	1150	54	78	13	0,17
BZ 04	PN	2 TAB		N EFF	3	139,7	4	0,3			11,2	6,6	2,89	3,8	6,4	1066	37	77	32	0,51

Parcelle	Cépage	Traitement	Stade traitement	Effeuillage	Placette	Poids de Grappe	Fréquence Bot	Intensité Bot	Fréquence Oidium	Intensité Oidium	* réfracto (Atago)	AT (g/l H2SO4)	pH	Acide malique (g/l)	Acide tartarique (g/l)	Potassium (mg/l)	N ammoniacal (mg/l)	N alpha-aminé (mg/l)	Glucosique (mg/l)	Glycérol (mg/l)
OG 28	CH	1 TAB	a	NEFF	1	100,9			30	2,88	9,8	6,7	2,89	3,7	6,8	923	18	46	4	0,01
OG 28	CH	1 TAB	a	EFF	1	130			30	5,84	10,1	7,7	2,87	4,7	7	999	46	63	5	0,03
OG 28	CH	1 TAB	a	NEFF	2	93,1			26	2,32	10,5	5,9	2,97	2,9	6,3	984	19	57	4	0,02
OG 28	CH	1 TAB	a	EFF	2	103,38			26	4,58	9,9	6,6	2,93	3,5	6,9	1028	20	52	4	0,01
OG 28	CH	1 TAB	a	NEFF	3	108,2			48	6,12	10,3	5,8	2,96	3	6,1	890	17	54	5	0,01
OG 28	CH	1 TAB	a	EFF	3	101,6			46	4,02	10,3	6,8	2,89	3,5	7	948	23	55	6	0,03
TL603	CH	1 TAB	a	EFF	1	138		0	2	0,2	10,0	6,8	2,91	3,8	7,7	1084	27	77	11	10,0
TL603	CH	1 TAB	a	NEFF	1	152		0	4	0,6	10,5	6,8	2,96	4,3	7,3	1214	46	90	10	<10
TL603	CH	1 TAB	a	EFF	2	138		0	2	0,2	9,8	7,5	2,88	4,6	7,9	1106	24	60	10	<10
TL603	CH	1 TAB	a	NEFF	2	185		1	22	3,3	10,4	7,8	2,93	5,8	7,6	1308	72	101	13	20,0
TL603	CH	1 TAB	a	EFF	3	152		0,6	8	0,62	10,3	7	2,92	4,2	7,5	1154	36	83	12	10
TL603	CH	1 TAB	a	NEFF	3	206		0	16	2,6										
ST02	MN	2 TAB	a	EFF	1	149,9	VF	0,5			9,3	7,7	2,88	5,1	7,6	1115	30	71	10	<10
ST02	MN	2 TAB	a	EFF	2	142,7	VF	0,8			9,2	7,1	3,06	4,8	7,7	1575	87	126	9	<10
ST02	MN	2 TAB	a	EFF	3	142	VF	0,5			9,5	7,0	3,06	4,60	7,6	1574	104	146	10	<10
ST02	MN	2 TAB	a	NEFF	1	148,4	VF	1,8			9,4	6,4	3,14	4,00	7,4	1690	120	160	14	<10
ST02	MN	2 TAB	a	EFF	2	124,3	VF	0,12			7,8	6,8	3,05	4,10	7,7	1480	95	115	7	<10
ST02	MN	2 TAB	a	NEFF	3	125,2	VF	7,9			9,7	6,2	3,14	4,1	7,0	1722	110	165	20	21
ST02	MN	2 TAB	a	EFF	1	65,9	VF	0			9,2	6,3	3,19	4,3	6,9	1649	91	159	23	61
ST02	MN	2 TAB	a	EFF	2	61	VF	0			10,3	5,5	3,20	2,8	7,5	1684	87	146	18	<10
ST02	MN	2 TAB	a	EFF	3	54,3	VF	0			10,3	5,3	3,30	2,9	7,6	2015	102	170	13	<10
ST02	MN	2 TAB	a	NEFF	1	63,5	VF	0			11,6	5,5	3,22	3,3	6,8	1631	84	151	17	<10
ST02	MN	2 TAB	a	EFF	2	67,7	VF	0			9,6	5,6	3,30	2,9	8,3	2261	122	183	11	<10
ST02	MN	2 TAB	a	NEFF	3	49,8	VF	0			9,4	5,4	3,21	2,4	8	1668	107	146	12	<10
VM15	CH			EFF	1	138		0,8	10	0,8	9,5	7,6	2,91	4,9	8	1067	131	144	8	<10
VM15	CH			EFF	2	173		0	28	2,7	10	6,7	2,87	3,6	7,7	1012	50	84	7	<10
VM15	CH			EFF	3	143		0	44	8,9	10,9	6,4	2,93	3,3	7,7	1089	53	119	11	<10
VM15	CH			NEFF	1	152		0,5	7	3,2	10,7	7	2,87	4,2	7,4	984	80	93	71	79
VM15	CH			NEFF	2	179		0	54	16	11,2	6,4	2,84	3,7	6,8	882	29	56	16	5
VM15	CH			NEFF	3	146		0	74	42	11,2	6,6	2,85	3,6	7,4	972	40	79	9	<10



Résumé :

Effeuilage Précoce : Efficacité dans le cadre de la lutte phytosanitaire et effets sur la maturité en Champagne

La Champagne est une région viticole particulièrement soumise à la pression des maladies fongiques telles que l'oïdium et Botrytis cinerea. La lutte contre ces maladies est aujourd'hui essentiellement une lutte chimique. En lien avec la démarche environnementale depuis de nombreuses années de la maison, nous avons cherché à comprendre l'efficacité d'une méthode de lutte prophylactique tel que l'effeuillage précoce. Nous avons étudié les effets croisés de la vigueur et de l'effeuillage précoce sur le développement des champignons, ainsi que sur la maturité du raisin.

L'effeuillage précoce permet de contrer les effets d'une vigueur trop importante en diminuant la densité du rideau végétatif. Cependant, sur une année comme 2019, on montre que l'effeuillage n'a aucun effet sur l'échaudage. Les fréquences et intensités d'attaque de Botrytis et de l'oïdium sont diminuées, et la qualité de la pulvérisation est fortement améliorée après un effeuillage.

Le suivi de l'évolution de la maturité montre que l'effeuillage n'a pas d'effet sur la composition des raisins puis des moûts, à l'exception de certains paramètres d'acidité. Il semblerait qu'un effeuillage précoce permette d'avoir des acidités totales un peu supérieures.

Mots clés : Effeuilage précoce, Champagne, oïdium, Botrytis cinerea, lutte phytosanitaire, maturité

Abstract :

Early leaf removal : Efficiency as a measure of fungal disease's control and effect on grape's maturity in Champagne

Champagne is a wine region particularly under the pressure of fungal diseases. The climate conditions are perfect for the development of powdery mildew and Botrytis cinerea. The control is essentially made by chemical agents. It also exists prophylactic measures of control such as early leaf removal. We studied the cross-effect of vigor and early defoliation on diseases development, as well as on grapes maturity.

Early defoliation is a way to control the effect of excessive vigor by reducing the density of the vegetative curtain. Even with a vintage like 2019 which rises very high temperatures (over 40°C), early leaf removal has no effect on grape sun burns.

Early leaf removal proved to be very efficient to control fungal disease's development. It improves grape's microclimatic conditions and the quality of spraying with a much better rate of spray deposits on grapes.

Monitoring of maturity shows that early defoliation has no effect on the composition of grapes and must, with the exception of acidity parameters. It would seem that total and tartaric acidities rise higher rates in leaf removes modalities.

Key words : Early leaf removal, powdery mildew, Botrytis cinerea, grape, disease control, maturity

