



**HAL**  
open science

## L'effeuillage précoce : quels leviers pour son développement en Champagne ?

Antoine Roche

► **To cite this version:**

Antoine Roche. L'effeuillage précoce : quels leviers pour son développement en Champagne ?. Sciences agricoles. 2016. dumas-01437498

**HAL Id: dumas-01437498**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01437498v1>

Submitted on 17 Jan 2017

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE



Institut des Hautes Etudes  
de la Vigne et du Vin



## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

présenté pour l'obtention du

## DIPLÔME D'INGÉNIEUR AGRONOME

Option : Viticulture – Œnologie



**L'effeuillage précoce : Quels leviers pour son  
développement en Champagne ?**

Par

**Antoine ROCHE**

**Année de soutenance : 2016**

**Organisme d'accueil : Comité Champagne – CIVC**

5, rue Henri Martin, 51200 EPERNAY



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE



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

**L'effeuillage précoce :**  
**Quels leviers pour son développement en Champagne ?**

Par

**Antoine ROCHE**

Mémoire préparé sous la direction de :

**Arnaud DUCANCHEZ**

Organisme d'accueil :

**Comité Champagne - CIVC**

Présenté le : **04/11/2016**

Maître de stage :

**Christophe MONGET**



## REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier en premier lieu Dominique Moncomble, directeur technique et environnement, et Sébastien Debuissou, responsable du service vigne, pour m'avoir permis d'intégrer le Comité Champagne et de travailler sur un sujet passionnant au cœur des problématiques viticoles actuelles.

Je tiens à remercier particulièrement Christophe Monget, chef de projet et maître de stage, pour la confiance et l'autonomie qu'il m'a accordé dans le cadre de ce projet, son soutien, sa présence, mais aussi tout le savoir-faire qu'il a partagé avec moi. Je remercie aussi Marie-Laure Panon, chef de projet qui mène conjointement le projet avec lui, pour tous ses conseils avisés.

Je souhaite adresser un remerciement des plus sincères à tous les viticulteurs ayant participé au projet pour le temps qu'ils m'ont accordé, les connaissances et le savoir-faire qu'ils m'ont transmis, sans oublier leur sympathie. Je remercie également la maison Moët et Chandon, en partenariat avec le Comité Champagne, pour son implication dans le projet.

Je souhaite aussi remercier Arnaud Ducanhez, mon tuteur de stage, pour tout le précieux soutien qu'il a pu m'apporter.

Je tiens également à remercier les stagiaires du service vigne dont l'aide sur le terrain m'a été précieuse et plus particulièrement Jérôme Lewandowski pour l'aide qu'il m'a apporté dans l'utilisation du Greenseeker.

Je souhaite aussi remercier tous les employés des différents constructeurs d'effeuilleuse qui m'ont accordé de leur temps au moment de la préparation du projet et en particulier Etienne Santallier des établissements Collard.

Je remercie aussi les membres du service vigne du Comité Champagne qui m'ont apporté leur aide mais aussi toutes les personnes travaillant à l'Institut Technique de Champagne pour leur bonne humeur et leur convivialité.

Je n'oublie pas Alvaro Reyes, stagiaire chez Moët et Chandon, avec qui j'ai pu échanger de nombreuses fois sur cette thématique commune de l'effeuillage précoce.

Enfin je remercie Sandrine, Christophe et Simon du service vin, et par ailleurs Jean-François Roche, pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apporté au moment de terminer ce mémoire.



## SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	11
I. Contexte et problématique .....	13
A. Le Comité Champagne .....	13
B. Qu'est-ce que l'effeuillage précoce.....	13
1. A quel stade faut-il effeuiller ?.....	15
2. Comment et avec quelle intensité faut-il effeuiller ?.....	15
C. Les intérêts prophylactiques de l'effeuillage précoce.....	17
1. Quel effet peut-on attendre de l'effeuillage sur le Botrytis ?.....	17
2. Quel effet peut-on attendre de l'effeuillage sur l'Oïdium ?.....	19
D. Les principaux freins à l'effeuillage précoce en Champagne .....	21
1. Quels mécanismes peuvent être impliqués dans l'échaudage ? .....	21
2. Quels impacts l'effeuillage peut-il avoir sur la maturité et le rendement ? .....	23
3. La mise en œuvre mécanisée à grande échelle.....	27
E. Les principales effeuilleuses du parc Champenois.....	29
1. Les effeuilleuses pneumatiques. ....	29
a. Les effeuilleuses à rotor simple.....	29
b. Collard Twin Rotor.....	31
c. Ecojet.....	31
1. Les effeuilleuses à rouleaux. ....	31
a. KMS Rinklin.....	33
b. Binger Seilzug .....	33
c. Provitis.....	35
d. AWS Stockmayer .....	35
II. Matériels et méthodes .....	37
A. Dispositif expérimental et réseau parcellaire d'observation .....	37
B. Variables relatives aux effeuilleuses .....	41
1. Taux d'effeuillage .....	41
2. Estimation des blessures .....	41
3. Réglages et caractéristiques des effeuilleuses.....	41
C. Variables résultant de l'effeuillage.....	43
1. Taux de pourriture.....	43
2. Paramètres de maturité .....	43
D. Phénologie et statistique.....	43





III.	RESULTATS.....	45
A.	Les réglages .....	45
1.	La vitesse d'avancement : .....	45
2.	Les effeuilleuses pneumatiques : .....	45
a.	La pression de l'air :.....	45
b.	Les buses :.....	45
c.	Le régime de rotation des tourniquets :.....	47
d.	La hauteur de l'élément d'effeuillage : .....	47
3.	Les effeuilleuses à rouleaux : .....	47
B.	Le taux d'effeuillage .....	47
C.	Le taux de blessures .....	49
D.	La maturité .....	51
E.	L'échaudage.....	51
F.	Le taux de pourriture.....	51
G.	Choix de l'effeuilleuse .....	53
IV.	DISCUSSION ET PERSPECTIVES .....	55
A.	Les atouts du dispositif en réseau .....	55
B.	Les limites du dispositif en réseau .....	55
C.	Le taux d'effeuillage .....	57
D.	Les blessures.....	57
E.	Le taux de pourriture.....	57
F.	Les réglages .....	59
G.	Les effeuilleuses .....	59
	CONCLUSION .....	61
	Bibliographie .....	63



## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition des effeuilleuses au sein du parc champenois par constructeur .....	28
Figure 2 : Surpresseur d'effeuilleuse pneumatique .....	28
Figure 3 : Vanne 3 voies sur effeuilleuse Collard Twin Rotor.....	28
Figure 4 : Effeuilleuse Ecojet .....	30
Figure 5 : La buse « Interbuse » exclusive aux effeuilleuses Ecojet .....	30
Figure 6 : Schéma du principe de fonctionnement des effeuilleuses à rouleaux .....	30
Figure 7 : Effeuilleuse KMS.....	32
Figure 8 : Illustration du système "soufflerie duo" .....	32
Figure 9 : Effeuilleuses Binger .....	32
Figure 10 : Effeuilleuse Provitis .....	34
Figure 11 : Effeuilleuse AWS Stockmayer.....	34
Figure 12 : Répartition des sites d'essai sur le vignoble champenois .....	38
Figure 13 : Greenseeker monté sur chenillard dans la parcelle d'Aÿ (site 12).....	40
Figure 14 : Mesure de la hauteur de l'élément d'effeuillage lorsqu'il est modulable .....	40
Figure 15 : Mesure de la pression en l'absence de manomètre en sortie du surpresseur.....	42
Figure 16 : Les têtes d'effeuilleuses pneumatiques.....	42
Figure 17 : Vitesse d'avancement en fonction de l'efficacité biologique.....	44
Figure 18 : Diagramme en boîte de la vitesse d'avancement .....	44
Figure 19 : Pression d'air moyenne des effeuilleuses pneumatiques en fonction du modèle .....	44
Figure 20 : Vitesse d'avancement en fonction du modèle d'effeuilleuse .....	44
Figure 21 : Fréquence et intensité des marquages selon la catégorie de buse .....	44
Figure 22 : Pression d'air choisie en fonction des diamètres de buse .....	46
Figure 23 : Histogramme du régime de rotation des tourniquets .....	46
Figure 24 : Site 6, suspicion d'hétérogénéité intra-parcellaire .....	46
Figure 25 : Blessure suite au passage d'une effeuilleuse à rouleaux .....	48
Figure 26 : Cas extrême de blessures sur grappe suite à un effeuillage pneumatique (réglages de vendange).....	48
Figure 27 : Marquage sur grappe 20 jours après effeuillage pneumatique.....	48
Figure 28 : Fréquence et intensité moyenne des blessures ou marquages par type d'effeuilleuse ....	49
Figure 29 : Moyenne des paramètres de maturité par modalité.....	50
Figure 30 : Fréquence et intensité moyenne du taux de pourriture par modalité .....	50
Figure 31 : Efficacité biologique en fonction de la pression de pourriture.....	50
Figure 32 : Effeuilleuse Freilauber.....	58

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résumé des modalités.....	36
Tableau 2 : Résumé des sites du réseau d'essais .....	39
Tableau 3 : Atouts et contraintes des types d'effeuilleuses .....	52



# INTRODUCTION

---

Par son climat septentrional, la Champagne est un vignoble sensible aux maladies fongiques où l'usage de pesticides reste incontournable. Cependant, les préoccupations sociétales sont fortes en matière de santé public et d'environnement. Ce à quoi le Ministère de l'agriculture et de la pêche a répondu depuis 2008 par le plan Ecophyto (traduisant ainsi la directive européenne 2009/128). Cette politique publique vise une réduction de 50% des intrants phytosanitaires d'ici 2025 notamment en encourageant des pratiques alternatives (plan ECOPHYTO II, 2015). C'est dans ce cadre que le Comité Champagne a choisi d'encourager la pratique de l'effeuillage précoce à travers l'étude présentée dans ce mémoire.

Pratiqué depuis longtemps et largement répandu dans certains pays tel que la Suisse (Verdenal, 2013; De Charrière, 1841), l'effeuillage précoce est employé en réponse à différentes problématiques qu'elles soient sanitaires ou de maturité. On le sait aujourd'hui, cette pratique permet de limiter le développement sur grappes de certains pathogènes. Ce bénéfice est bien connu pour la pourriture grise (Serrano, 1997 ; Descotes et Moncomble, 1997) mais il concerne aussi dans une autre mesure l'oïdium (Chellemi et Marois, 1992 ; Austin et Wilcox, 2011). C'est donc ici une mesure prophylactique qui s'inscrit parfaitement dans un programme tel qu'Ecophyto.

En Champagne, l'effeuillage précoce reste une pratique encore peu répandue et parfois mal maîtrisée. Il est donc en parti de la responsabilité des organismes tel que le Comité Champagne de favoriser le développement d'une telle pratique. Bien que les qualités sanitaires de l'effeuillage précoce aient déjà été démontrées à travers de nombreux travaux, les mécanismes sous-jacents ne sont pas encore tous bien compris. Par ailleurs, l'effeuillage précoce est aussi reconnu pour son impact significatif sur la maturité du raisin (Dufourcq et al., 2009). Il y a donc aussi un enjeu quant à savoir si cet impact est bénéfique ou non suivant le profil de vin visé.

Si l'une des finalités du Comité Champagne est bien d'encourager les vignerons à certaines pratiques, on se demande alors comment lever les freins au développement de l'effeuillage précoce dans le contexte de la viticulture champenoise ? Il s'agit d'une part de démontrer que la technique ne risque pas de compromettre la vendange. L'effeuillage doit être sans conséquences pour la maturité des raisins et idéalement ne pas accroître les risques d'échaudage. D'autre part, il est aussi nécessaire de donner des clés permettant d'atteindre la qualité d'effeuillage souhaitée (notamment par le choix de l'effeuilleuse et des réglages à utiliser).

Ce mémoire s'articule en trois parties. La première partie consiste en une revue des travaux antérieurs concernant les intérêts prophylactiques de l'effeuillage et les freins à son développement en Champagne. La question des différentes effeuilleuses du parc champenois fait l'objet d'un focus à part entière. La deuxième partie présente les moyens mis en œuvre pour caractériser d'une part les différentes stratégies d'effeuillage observées en Champagne. La troisième partie s'attache à identifier le meilleur compromis pour un effeuillage optimal.



# I. Contexte et problématique

---

## A. Le Comité Champagne

Le Comité Champagne est une organisation interprofessionnelle datant de 1941 qui cristallise un des vignobles les mieux structurés au monde. Au service de près de 1600 vignerons et 300 maisons répartis sur plus de 34000 hectares, il œuvre pour la défense, la promotion et le développement du vignoble champenois. C'est dans ce contexte que Comité Champagne a développé un pôle technique et environnement dont fait partie le service vigne.

Le service vigne profite de l'arrivée sur le marché de nouvelles effeuilleuses pour réaliser dès 1993 ses propres essais d'effeuillage (effeuillage à véraison). Mais suite à l'année 1994 qui s'avère historique en matière de pourriture grise (Descotes et al., 1995), il décide d'intégrer une modalité plus précoce (effeuillage à fermeture). En 1996, des résultats spectaculaires sont obtenus et encouragent alors vers une application plus précoce de l'effeuillage (Descotes et Moncomble, 1997).

## B. Qu'est-ce que l'effeuillage précoce

Par « effeuillage précoce » ou « effeuillage », on entend ici le fait de « supprimer toutes les feuilles, ou bien une partie seulement, au niveau de la zone des grappes afin de bien les mettre à jour. La suppression des entre-cœurs et le travail à la cisaille par exemple, ne sont pas considérés comme de l'effeuillage. » (Monget et al., 2016, p. 34). Dans la littérature, il est dit que l'effeuillage « est réalisable depuis le printemps jusqu'à l'arrière-saison. » (Serrano, 2001, p. 1). Il se distingue de « l'effeuillage de vendange » qui n'est pas traité dans ce rapport. Le terme « effeuillage tardif » désigne alors ici un effeuillage appliqué aux stades fermetures ou véraison conformément au protocole défini par l'IFV dans ses essais menés dans les années 90 (Serrano et Fage, 1997 ; Dufourcq et al., 2009).

Cette définition étant assez large, il est possible de rencontrer dans la littérature une variété de protocoles dont il est nécessaire de tenir compte afin d'en nuancer les résultats. Comme le souligne Percival et al (1994), il est aussi bon de considérer l'éventuelle variabilité dû au millésime et au vignoble en association avec l'expression végétative et le développement de la grappe.

Pour rappel, les principaux effets souhaités d'un effeuillage précoce en Champagne sont de réduire le développement du Botrytis (et éventuellement de l'Oïdium) sans diminuer le rendement ni altérer la maturité du raisin. C'est donc sur les expériences répondant à ces critères que cette revue bibliographique se focalise.

Il convient alors en premier lieu de déterminer quand et avec quelle intensité est-il préférable d'effeuiller en Champagne.





## A quel stade faut-il effeuiller ?

L'effeuillage à un stade donné a des conséquences sur différents aspects de la vigne dont l'optimal n'est pas nécessairement le même selon l'aspect considéré. C'est pourquoi il est fait ici le choix de déterminer le stade permettant le meilleur état sanitaire vis-à-vis du Botrytis. Ce choix reflète bien entendu la préoccupation première des vignerons champenois. Les autres aspects seront traités ultérieurement.

Suite aux premiers essais menés en 1996 par l'IFV Sud-Ouest (alors appelé ITV Midi-Pyrénées), Serrano et Fage (1997) mettent en évidence que l'effeuillage aux stades « précoces » (floraison et nouaison) est significativement le plus efficace que d'autres stades plus tardifs quant à la réduction du taux d'attaque de Botrytis. Les essais suivants relèvent une efficacité plus importante pour l'effeuillage au stade nouaison. Lors de l'effeuillage à floraison il a été observé une repousse des entre-cœurs allant jusqu'à 50 % de recouvrement des grappes (Serrano et al., 2000). En effet, « dans certaines situations, les capacités de recouvrement très importantes d'un effeuillage à la floraison limitent l'aération des grappes et entraînent, sur les vignes les plus vigoureuses, un taux d'attaque plus important que sur un effeuillage à la nouaison. » (Serrano, 2001, p. 1). Le stade nouaison apparaît donc comme le stade optimal afin de réduire le taux d'infection par Botrytis.

## Comment et avec quelle intensité faut-il effeuiller ?

Est-il suffisant d'effeuiller une seule face ou faut-il effeuiller les deux pour trouver l'efficacité optimale ? Quand bien même l'on a répondu à cette question, avec quelle intensité faut-il effeuiller ?

Les nombreux essais ayant eu lieu jusqu'à présent concluent que l'effeuillage d'une deuxième face n'apporte pas de réduction significative du taux de pourriture lorsqu'il est pratiqué à nouaison. On observe néanmoins un meilleur état sanitaire si les deux faces sont effeuillées à un stade tardif (sans pour autant dépasser l'efficacité obtenue en effeuillant une face à nouaison) (Serrano et al., Carbonneau, 2000).

Concernant les pertes en surface foliaire, l'effeuillage d'une seule face n'a qu'un faible impact. Dans ces conditions l'exposition des feuilles internes de l'autre face offre une bonne compensation.

En termes d'intensité «un effeuillage manuel [donc total] de la zone fructifère sur une face du rang occasionne une suppression de 7 à 17% des feuilles du cep. Le taux est assez constant quels que soient le stade phénologique et le cépage. L'effeuillage 2 faces, plus pénalisant, peut supprimer jusqu'à 36% de la surface foliaire totale du cep. » (Serrano, 2001, p. 2). Dans ce cas la vigne subit alors une perte brute en capacités photosynthétiques. En revanche si l'effeuillage se limite à une seule face et à un stade plutôt précoce le développement des entre-cœurs permet un regain de surface foliaire. La capacité photosynthétique n'est alors pas altérée. Verdenal et al (2015) tirent les mêmes conclusions à partir d'essais sur cépages plus septentrionaux.

Dès un effeuillage (manuel) léger de seulement 2 à 4 feuilles par sarments (2 semaines après floraison), Zoecklein et al (1992) observent déjà une nette amélioration de l'état sanitaire des grappes. En pratique pour « une suppression mécanique de l'ordre de 10 à 20 % des feuilles des ceps, [...] le gain de matière active déposée est de l'ordre de 40 à 50 % » (Raynal et Vinsonneau, 2007, p. 4). Selon les situations, l'effeuillage mécanique d'une seule face représente une réduction de la SFT pouvant aller au minimum jusqu'à 3 % (Dufourcq et al., 2009). Les essais menés en 2015 en Champagne (taille en cordon de Royat et Chablis) rendent compte d'une réduction de la SFT semblable à celle décrite par Serrano allant de 10 à 15 %, et ce quel que soit le procédé d'effeuillage employé (Comité Champagne - Service vigne, 2015).



Quel que soit l'intensité, l'effeuillage restreint à une seule face semble donc offrir la meilleure efficacité prophylactique sans compromettre les capacités photosynthétiques de la vigne. La Chambre d'agriculture de la Gironde propose néanmoins d'effeuiller la deuxième face avant les vendanges si la pression en Botrytis est trop forte (Laveau, 2006).

## C. Les intérêts prophylactiques de l'effeuillage précoce

### 1. Quel effet peut-on attendre de l'effeuillage sur le Botrytis ?

Dès 1988 un lien significatif a pu être démontré entre le développement du Botrytis et l'évapotranspiration potentielle autour des grappes infectées (Thomas et al., 1988 dans English et al., 1989). Cela laisse donc supposer un rôle important du vent dans l'assainissement du microclimat de la zone des grappes. Or, suite à un effeuillage soutenu, English et al (1989) identifie le vent comme le facteur climatique le plus altéré par l'effeuillage indifféremment de l'orientation des rangs. La différence avec le témoin est néanmoins plus importante pour les rangs dans le sens du vent. Cependant, le vent ne suffit pas à lui seul à discriminer le microclimat des vignes effeuillées de celui des vignes non effeuillées. La distinction n'est raisonnablement significative que lorsque l'on considère à la fois les trois facteurs mesurés (vent, température et humidité). Par ailleurs English et al (1993) explorent d'autres facteurs climatiques et mettent en avant que l'évapotranspiration potentielle et le taux de pénétration de la lumière sont aussi tous deux affectés significativement par l'effeuillage. Le vent semble donc jouer un rôle important dans l'assainissement du microclimat de la zone des grappes sans pour autant être le seul facteur mis en cause.

Les grappes étant les cibles des traitements anti-Botrytis, il est légitime de penser qu'en réduisant la surface foliaire (soit la suppression d'obstacles au produit) l'efficacité des traitements soit accrue. En effet, « La suppression des feuilles de la zone fructifère favorise la pénétration des produits phytosanitaires lors d'un traitement localisé mais également de couverture générale. La quantité de produit retrouvé sur les grappes est supérieure d'environ 50% à celle déposée sur les grappes d'un rang non effeuillé. » (Serrano, 2001, p. 1)

Suite à quatre ans d'essais, Serrano et al (2000) tentent d'expliquer le bénéfice prophylactique outre le facteur climatique et l'efficacité accrue des traitements. Ainsi, ils mesurent un coefficient d'élasticité de la pellicule du raisin supérieur pour les vignes effeuillées et concluent à une fermeté moyenne supérieure pour l'effeuillage à nouaison. « Ces résultats laissent penser que l'exposition précoce des grappes au soleil permet d'acquérir une résistance plus importante au déchirement. [...] L'augmentation de la température des grappes et/ou leur exposition à la lumière tôt dans la saison végétative pourrait favoriser un renforcement de la pellicule, lui conférant notamment une plus grande résistance au développement précoce de la pourriture grise. » Ces facteurs abiotiques pourraient aussi favoriser une réponse de défense des jeunes baies contre la pourriture grise en favorisant la synthèse de resvératrol. « Cette hypothèse, associée à l'amélioration du microclimat des grappes peut expliquer les excellents résultats acquis avec un effeuillage à la nouaison. » (Serrano et al., 2000, p. 3).

Il opère donc une synergie entre l'assainissement du microclimat, l'amélioration du dépôt de produits anti-Botrytis et la résistance accrue de la baie de raisin elle-même.

Enfin, bien que l'efficacité prophylactique de l'effeuillage précoce en matière de contrôle de la pourriture grise a été démontrée de nombreuses fois ([Coombe, 1962 ; Koblet, 1966] dans Koblet, 1987 ; Stapleton et al., 1990 ; Zoecklein et al., 1992 ; Percival et al., 1994 ; Descotes et Moncomble, 1997 ; Staff et al., 1997 ; Serrano et al., 2000 ; Raynal et Vinsonneau, 2007 ; Dufourcq et al., 2009 ; Tardaguila et al., 2010 ; Diago et al., 2010 ; Komm et Moyer, 2015), il faut encore définir dans quelle mesure cette pratique est efficace et comment l'appliquer.



C'est donc dans cette optique que dès 1996 l'IFV Sud-Ouest entreprend une série d'essais d'effeuillage précoce. Serrano et Fage (1997) concluent rapidement que l'effeuillage ne substitue pas pour autant en soit les traitements anti-Botrytis. L'IFV recommande donc d'appliquer un traitement à véraison en complément d'un effeuillage à nouaison. Ainsi, ils atteignent un état sanitaire équivalent à deux traitements.

Malheureusement il semblerait que pour de faibles niveaux d'infestation l'effet « hétérogénéité des foyers d'infestation » prenne le dessus sur l'effet de l'effeuillage, ce qui marquerait la limite de cette pratique (Serrano et al., 2000).

## Quel effet peut-on attendre de l'effeuillage sur l'Oïdium ?

Depuis plus de 20 ans maintenant, de multiples études mettent en avant la lumière du soleil comme facteur naturel principale du contrôle de l'Oïdium.

Ainsi, Willocquet et al (1996) ont mis en avant l'effet limitant des radiations (en particulier les UV B) sur la germination et la croissance mycélienne de l'Oïdium. Ils suggèrent aussi un effet complémentaire de la température (la température optimale pour l'Oïdium étant entre 25 et 26°C).

De manière plus générale, Zahavi et al (2001) suggèrent suite à des essais sur Chardonnay en Israël que la « haute densité lumineuse » est le principal facteur limitant le développement de l'oïdium.

Les études de Keller et al (2003) révèlent alors qu'une faible exposition aux UV associé à l'apport important d'azote sont des facteurs favorables à l'oïdium. Elles relient aussi le taux d'infection supérieur à une baisse de production de substances défensives tel que la cire cuticulaire.

Par ailleurs dans une démarche plus empirique, divers essais ont déjà rendu compte de l'efficacité de l'effeuillage précoce quant au contrôle de l'Oïdium, notamment en région de fortes pressions. C'est donc dans ce type de contexte que Chellimi et al (1992) réussissent à obtenir une très bonne maîtrise de l'Oïdium. En appliquant un unique traitement avant floraison sur vignes effeuillées, le taux d'infection est réduit de 15.3% à 4.2% en 1998 et de 46.1% à 21.0% en 1989. De façon plus pratique, l'état sanitaire équivalent à des vignes non effeuillées subissant 11 à 12 traitements est obtenu par un effeuillage associé à un maximum de 4 traitements.

Plus récemment, après à plusieurs années d'essai sur Chardonnay dans l'état de New York, Austin et Wilcox (2011) obtiennent une réduction significative du taux d'Oïdium sur grappe dans des vignes effeuillées 2 semaines après floraison. En revanche, l'effeuillage 5 semaines après floraison n'apporte aucuns bénéfices et ce quel que soit son intensité.

Enfin, le Comité Champagne obtient lui aussi des résultats tout à fait encourageant mais lors d'une année où la pression était bien moindre. L'effeuillage précoce a permis en 2015 de réduire l'intensité d'attaque de l'Oïdium de 4 à environ 1 % parmi les vignes dont l'expression végétative est la plus forte. Cependant, parmi les vignes dont l'expression végétative est plus faible (SFT 10 % inférieure) l'effeuillage reste sans effet (Comité Champagne - Service vigne, 2015).

Ces résultats bien qu'encourageants semblent indiquer à l'image du contrôle du Botrytis qu'en fonction de la pression subie, l'effeuillage précoce ne permet pas de s'affranchir d'une protection phytosanitaire.



## D. Les principaux freins à l'effeuillage précoce en Champagne

### 1. Quels mécanismes peuvent être impliqués dans l'échaudage ?

Durant l'été 1994, le Comité Champagne observe dans le vignoble d'importants cas d'échaudage qu'il impute à des travaux en vert dont notamment de rognage (Panigai et Descotes, 1994). La vague de chaleur responsable de cet incident ayant survécu durant la période où l'on recommande aujourd'hui d'effeuiller (nouaison à fermeture), il est nécessaire de se demander si l'effeuillage peut être un facteur d'échaudage.

Le mécanisme de l'échaudage est encore aujourd'hui mal connu mais les principales études s'accordent à dire que le rayonnement en est le facteur principal. La température est néanmoins aussi considérée comme un facteur non négligeable.

Dans l'étude la plus récente, Rustioni et al (2015) ont mis en évidence deux types de, l'une verte dite de type A et une autre dite de type B ou « melanine like ». Suite à un stress photo-oxydatif intense, le taux de chlorophylle B augmente au détriment du type A. C'est cette augmentation de chlorophylle B qui est responsable du symptôme de brunissement précédant la nécrose de la baie. C'est en cela que Rustioni et al impute principalement l'échaudage à un stress radiatif. Par ailleurs, Hofmann et al (2006) identifie le spectre des UV B comme spécifiquement responsable des symptômes d'échaudage. Bien que directement néfastes au raisin, il bon de noter que les UV B ont aussi un intérêt dans le contrôle de l'Oïdium comme souligné plus haut par les travaux de Willocquet et al (1996).

La clé de l'exposition optimale à la lumière réside alors une fois de plus dans la bonne période à laquelle la vigne est effeuillée. C'est ainsi que Hulands et al (2014) mettent en avant l'importance d'effeuiller à un stade précoce (ici environ au stade grain de pois) afin d'éviter tout dégâts d'échaudages. Ils soulignent aussi une interaction entre le facteur thermique et le facteur radiatif. Suite à quoi ils « ...suggèrent qu'aux stades phénologiques tardifs les viticulteurs devraient protéger les grappes d'une exposition à une lumière intense en maintenant un couvert végétal suffisant sur les grappes, en particulier quand les températures approchent des valeurs extrêmes. » [Notre traduction] (Hulands et al., 2014, p. 1). Indépendamment du stade phénologique, l'IFV fait une recommandation similaire en conseillant un effeuillage le plus ciblé possible afin de préserver les feuilles justes au-dessus de la zone des grappes. Ces feuilles peuvent apporter un léger ombrage susceptible de limiter le risque d'échaudage (Raynal et al., 2007). Petgen (2008) évoque même l'effeuillage à un stade précoce comme véritable levier d'action contre l'échaudage grâce au durcissement de la pellicule qu'il est supposé provoquer avant la phase critique de la véraison.

Concernant le facteur thermique en lui-même, Petgen (2008) attribue les symptômes d'échaudage à un changement de température abrupt après une période d'humidité. Ils seraient plus ou moins marqués selon l'état de maturité des baies lors du dit changement. Tarara et Spayd (2005) mettent aussi en cause la température. Elles soulignent que le rayonnement du soleil étant égal entre le matin et l'après-midi, le différentiel d'échaudage entre les deux côtés (couramment observé par les viticulteurs) est dû au fait que le rayonnement s'ajoute une température ambiante plus élevée. Une fois de plus un certain effet d'interaction est mis en avant entre température et rayonnement. C'est aussi de part cette observation qu'il est en pratique couramment recommandé d'effeuiller seulement la face exposée au soleil le matin (face dite « au levant ») et d'éviter d'effeuiller l'autre face dite « au couchant ».

En associant alors la notion de face à effeuiller et la notion de stade phénologique souligné par Hulands et al (2014), l'effeuillage des deux faces à un stade tardif présenterait donc un fort risque d'échaudage. Dans une situation où l'effeuillage n'aurait pas pu être pratiqué à nouaison (voir au stade grain de pois), il semblerait alors délicat de chercher à rattraper la perte d'efficacité prophylactique en effeuillant les deux faces.





Mis à part les deux facteurs qui viennent d'être mis en cause, certaines études laissent aussi penser à un certain effet de seuil. Ainsi, « Pour les baies non échaudées, la cire présente une structure en plaquettes étroitement imbriquées orientée perpendiculairement à la surface de la baie (Fig. 2). Dès le moindre symptôme d'échaudage, la cire perd sa forme structurée pour devenir relativement amorphe. La cire épicuticulaire apparaît comme très sensible aux conditions responsables de l'échaudage et semble être impliquée dans la sensibilité du Chardonnay à de fortes lumières et températures. » [Notre traduction] (Greer et al., 2006, p. 2). Greer et al font alors apparaître ici une idée de seuil dont la cire épicuticulaire pourrait être un indicateur.

Enfin, Hulands et al (2014) évoquent les différences de réponse aux traitements qu'il pourrait y avoir selon les cépages. C'est en cela que Greer et al (2006) mettent en avant le Chardonnay comme un cépage sensible à l'échaudage. Pourtant dans une étude plus récente comparant près de 20 cépages blancs, Rustioni et al (2015) identifient ce même cépage comme plutôt peu sensible à l'échaudage en comparaison du Riesling ou du Muscat à petits grains. Après observation de symptômes plus sévères sur raisin de table, Petgen (2008) ajoute aussi au facteur variétal celui de la taille des baies.

## Quels impacts l'effeuillage peut-il avoir sur la maturité et le rendement ?

Contrairement à la question prophylactique, la question de la maturité et du rendement est plus confuse. Depuis de nombreuses années des essais d'effeuillage ont eu lieu à travers le monde entier sans véritablement arriver aux mêmes conclusions. Pourtant, on estime que 10 % des vignerons champenois pratiquent déjà l'effeuillage précoce en vue d'améliorer la maturité (Monget et al. 2016). Il apparaît donc indispensable de s'interroger sur l'incidence que l'effeuillage peut avoir sur ces paramètres.

L'un des éléments déterminant du rendement est le taux de nouaison. Selon comment il est pratiqué et dans quel contexte, l'effeuillage à floraison n'entraîne pas toujours une baisse du taux de nouaison et donc du rendement (Percival et al., 1994 ; Serrano et al., 2000 ; Bidault et al., 2001 ; Komm et Moyer, 2015). Cependant, lorsque une perte est observée elle est souvent importante (Smith et al., 1988 ; Diago et al., 2010 ; Tardaguila et al., 2010 ; Changins, 2012 dans Verdenal 2015 ; Gatti et al., 2015). Ceci serait expliqué par une forte corrélation entre la SFT et le taux de nouaison ([Coombe, 1962 ; Koblet, 1966] dans Koblet, 1987).

Comme il l'a déjà été détaillé plus haut, l'effeuillage à floraison a un intérêt prophylactique inférieur à celui pratiqué à nouaison. Il est donc préférable de maintenir le choix d'un effeuillage à nouaison afin de maximiser le contrôle des pathogènes sans prendre le risque d'affecter le rendement. Par ailleurs, aucun des travaux impliquant un effeuillage plus tardif sur une seule face ne rend compte d'un impact direct sur le rendement, ce que confirment Zoëcklein et al (1992) lors d'un effeuillage modéré 2 à 3 semaines après floraison.

Ils semblerait que quel que soit le stade auquel il est pratiqué, tant que l'effeuillage n'est appliqué que sur une seule face de la zone des grappes, il n'affecte pas le degré potentiel des moûts (Percival et al., 1994 ; Descotes et Moncomble, 1997 ; Tarara and Spayd, 2005 ; Raynal et Vinsonneau, 2007 ; Dufourcq et al., 2009 ; Tardaguila et al., 2010 ; CA 21 et 89, 2015). « Les pertes ou gains issus de la technique sont peu importants. Les écarts moyens se situent ainsi dans une fourchette comprise en + 0.2 et - 0.3 degré potentiel. » (Serrano, 2001, p. 3). En revanche, dès lors que la zone des grappes est effeuillée deux faces on observe le plus souvent une baisse des degrés potentiels. (Smith et al., 1988 ; Maigre, 2004 ; Dufourcq et al., 2009).



L'acidité étant un paramètre déterminant du profil d'un vin, il est aussi essentiel de s'interroger sur l'impact de l'effeuillage à ce sujet. Dans l'ensemble de la littérature, les protocoles et les contextes étant très hétérogène, il est difficile d'identifier avec précision l'incidence de l'effeuillage sur l'acidité des moûts. Il s'en dégage néanmoins certaines tendances. Indépendamment du stade phénologique, l'effeuillage d'une seule face de la zone des grappes ne semble avoir aucuns effets sur l'acidité que ce soit en matière de pH, d'acidité totale, d'acide tartrique ou malique (Zoecklein et al., 1992 ; Serrano, 2001 ; Raynal et Vinsonneau, 2007). En revanche (toujours indépendamment du stade phénologique), l'effeuillage sur deux faces entraîne une hausse du pH ou une diminution de l'acidité totale (Maigre, 2004 ; Tarara and Spayd, 2005 ; Gatti et al., 2015 ; Tardaguila et al., 2010). Par ailleurs, Komm et Moyer (2015) ont observé qu'un effeuillage appliqué 4 semaines après la floraison entraîne une baisse de concentration en acides plus faible qu'un effeuillage plus précoce. Malgré une perte importante d'acidité totale, Smith et al (1988) relèvent quant à eux une augmentation significative du taux d'acide tartrique. Ils évoquent alors les travaux de Reynolds et al (1986 dans Smith et al., 1988) qui suite à des observations suggèrent qu'un rayonnement intense puisse accroître la synthèse d'acide tartrique.

L'effet de l'effeuillage sur le potentiel aromatique des moûts est quant à lui plus difficile encore à cerner. Les études ont montré que l'effeuillage peut être favorable à l'accumulation de précurseurs glycosidiques dans les raisins de Chardonnay (Zoecklein et al., 1998) mais aussi d'autre cépages blancs (Dufourcq et al., 2009). Cependant, Charrier (2006) souligne que l'effeuillage d'une seule face peut avoir des effets contradictoires selon les années. Il observe un effet favorable à l'accumulation en 2004 mais pénalisant en 2003 et 2005. Cette variabilité dépendante des cépages et des millésimes expliquerait pourquoi Serrano et al (2000) concluent dans leurs premiers résultats à un effet négatif.

L'effeuillage précoce a aussi pour effet de favoriser la synthèse de polyphénols. Ce gain s'avère être stable durant la garde d'un vin seulement si l'effeuillage est pratiqué à floraison ou nouaison. « En moyenne, l'effeuillage permet d'augmenter le potentiel polyphénolique de 30 à 50 %. Cet effet est plus marqué avec un effeuillage à la nouaison. L'effeuillage sur deux faces accentue ces gains quelle que soit la date à laquelle il est pratiqué. » (Dufourcq et al., 2009, p. 7). La Champagne étant productrice de vins rosés par assemblage de vin rouge et de vin blanc, cette intérêt de l'effeuillage bien que secondaire n'est pas à négliger.

Dufourcq et al (2009) remarquent un intérêt moins connu de l'effeuillage. Quel que soit le stade auquel il est pratiqué, il engendre une meilleure régularité de la véraison. Ainsi il permet une meilleure Homogénéité de la maturation.

Dans l'ensemble, l'effeuillage d'une seule face de la zone des grappes n'affecte pas le rendement ni l'acidité ou le TAP. Mais dès lors que la deuxième face est effeuillée, ces paramètres sont altérés significativement. On peut alors en déduire que le potentiel photosynthétique et l'exposition des grappes au soleil sont les facteurs les plus déterminants de ces paramètres car ils sont tout deux directement conditionnée par la surface foliaire. Il apparait néanmoins difficile d'uniformiser les effets de l'effeuillage sur la maturité et le rendement car cela met en cause de nombreux autres facteurs. Bien qu'il soit possible de dégager de larges tendances selon le nombre de faces effeuillées, d'autres facteurs tel que la région, le millésime, le stade phénologique ou encore le cépage sont aussi à prendre en compte (Serrano et al., 2000). En effet même avec les plus grandes précautions, dans un contextes de terroir et de millésime extrêmement stressant pour la vigne l'effeuillage peut être inévitablement préjudiciable (Staff et al., 1997 ; Learmonth et Kennedy, 2011). La complexité des résultats présents dans la littérature pousse alors à conclure qu'il est indispensable d'expérimenter l'effeuillage dans chaque région afin d'intégrer les spécificités locales.



## La mise en œuvre mécanisée à grande échelle.

Bien que pratiqué traditionnellement dans certaines régions, l'effeuillage précoce n'a pu véritablement se démocratiser en France que dans les années 90 avec l'arrivée sur le marché d'une variété de modèles d'effeuilleuses. Dans le même temps, Gubler et al (1991) démontrent que les résultats obtenus par l'effeuillage mécanique ne sont significativement pas différents des résultats d'un effeuillage manuel. « La mécanisation permet de diminuer sensiblement le coût de l'effeuillage, mettant ainsi cette opération à la portée d'exploitations de petite superficie. Malgré tout, elle n'est pas réalisable sur tous types de vignobles. Elle ne peut être mise en œuvre que sur des vignobles correctement palissés. » (Dufourcq et al., 2009, p. 10). Le vignoble champenois est composé en bonne partie de petites exploitations qui sont fort heureusement entièrement palissées. Ceci le rend donc tout à fait propice à la mécanisation. C'est d'ailleurs entre autre pour cette raison que l'effeuillage de vendange mécanisé est une pratique déjà bien implantée en Champagne. Le parc champenois présente déjà un certain nombre d'effeuilleuses susceptibles d'être réutilisées pour de l'effeuillage précoce. Une récente enquête du Comité Champagne a déjà révélé l'intérêt de 220 viticulteurs (représentant environ 2 125 hectares) pour cette pratique (Monget et al. 2016).

Bien que très inférieur à l'effeuillage manuel, le coût de l'effeuillage mécanique reste non négligeable notamment à cause de l'investissement initial. Pour une machine au prix de 15000 €, le coût moyen à l'hectare serait d'environ 275 € (pour 3 h/ha) contre 813 € dans le cas d'un effeuillage manuel représentant 60,6 h/ha. Cette estimation tient compte du carburant, de la main d'œuvre, de l'amortissement et de l'entretien du tracteur et de l'effeuilleuse (Dufourcq et al., 2009).

Au-delà des questions de coût, la démocratisation de l'effeuillage mécanique en Champagne nécessite de faire la lumière sur la maîtrise technique de l'opération. Selon le dernier banc d'essai de l'IFV Sud-Ouest, les effeuilleuses pneumatiques offriraient un taux d'effeuillage plus faible que les autres modèles mais avec l'avantage d'être plus respectueuse du raisin (Gaviglio, 2008). Cependant l'évolution des modèles d'effeuilleuse depuis 2007 offre aujourd'hui des performances autres. Un banc d'essai plus récent de la Chambre d'agriculture de Côte-d'Or tend à placer une effeuilleuse pneumatique parmi les meilleurs taux d'effeuillage avec un moins bon respect des grappes (Bazerolle et Nobs, 2013). Face à des résultats aussi contradictoires obtenus dans des régions viticoles contrastées, il semble nécessaire de mettre au clair la question technique directement dans le contexte régional. C'est ainsi que le Comité Champagne a mis en place cette année une nouvelle enquête visant à caractériser les réglages adaptés à l'effeuillage précoce pour le parc d'effeuilleuses champenois.

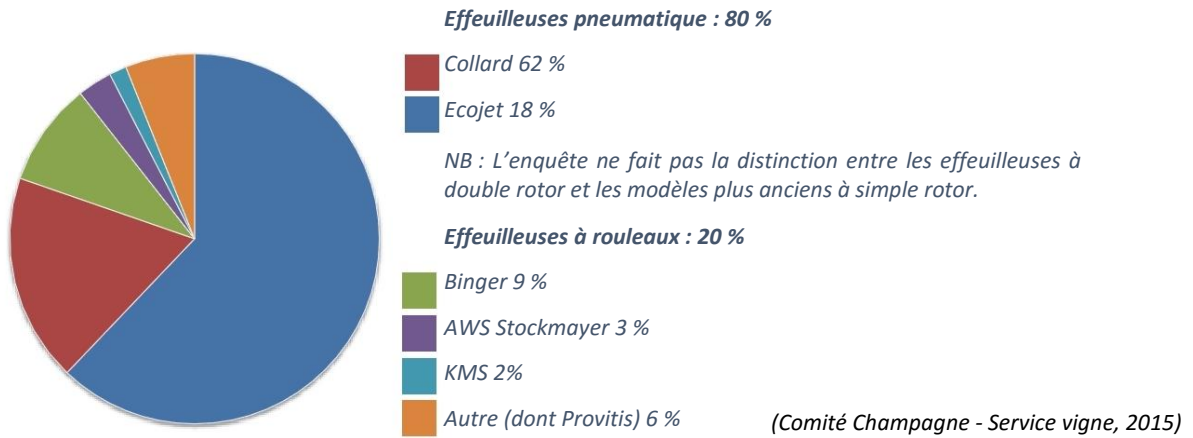


Figure 1 : Répartition des effeilleuses au sein du parc champenois par constructeur



Figure 2 : Surpresseur d'effeilleuse pneumatique

Qu'elles soient construites par Collard ou Ecojet, les effeilleuses sont toutes depuis de nombreuses années équipées des surpresseurs de la marque HIBON. (Illustration, Ets PROTECHNI)

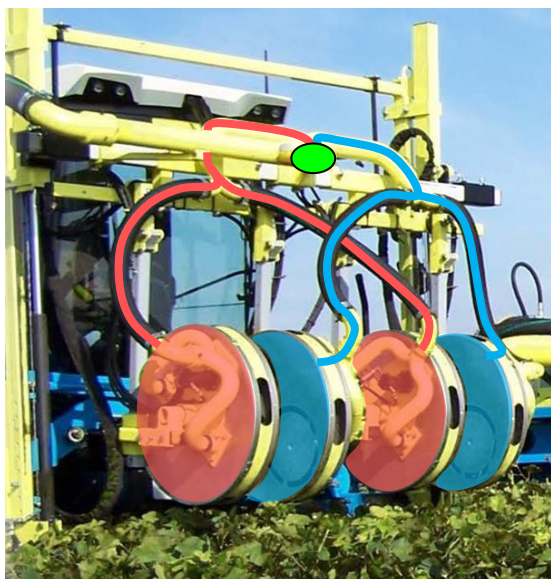


Figure 3 : Vanne 3 voies sur effeilleuse Collard Twin Rotor

La vanne 3 voie (en vert) permet de sélectionner la face du rang de vigne « coté bleu » ou « coté rouge » ou même les deux à la fois. (Photographie, [vigne.reussir.fr](http://vigne.reussir.fr), modifié par A. Roche)

## E. Les principales effeuilleuses du parc Champenois

D'après une enquête menée par le Comité Champagne en 2015, on estime que le parc champenois se compose à 80 % d'effeuilleuses pneumatiques contre 20 % d'effeuilleuses à rouleaux (Monget et al., 2016). C'est donc sur ces deux types d'effeuilleuses que porte l'enquête présentée dans ce rapport. Pour rappel, le vignoble champenois étant uniquement conduit en vignes étroites, cette étude porte exclusivement sur les effeuilleuses attelées sur tracteur enjambeur.

### 1. Les effeuilleuses pneumatiques.

L'effeuillage pneumatique consiste en la projection d'un flux d'air à basse pression mais à très haut débit qui dilacère les feuilles (Dufourcq et al., 2009). Ce flux d'air est généré en amont par un surpresseur (Fig. 2) attelé sur la plateforme de l'enjambeur dont la transmission est hydraulique. C'est donc la pompe principale du tracteur qui alimente le surpresseur. Cette pompe est équivalente à la prise de force mécanique sur les anciens tracteur ou dissocié sur les modèles récents. Il est à noter que la façon dont un outil est alimenté peut avoir une incidence directe sur les performances du tracteur.

L'air est ensuite acheminé vers des têtes d'effeuillages attelées sur un bâti de rogneuse. Ce type d'effeuilleuse est toujours configuré avec deux têtes par rang ce qui impose pour l'effeuillage précoce d'être équipé d'une vanne trois voies permettant de sélectionner la face à effeuiller (Fig 3.) Selon le modèle, chaque tête contient un ou deux tourniquets. Chaque tourniquet est composé le plus souvent d'une buse (quelques fois deux sur d'anciens modèles). Les feuilles sont donc détruites non seulement sous l'effet du flux d'air mais aussi par le mouvement circulaire que lui confèrent les tourniquets. Les tourniquets sont alimentés par la pompe hydraulique auxiliaire du tracteur.

Du fait de leur configuration à deux têtes par rang et de la hauteur importante de ces dernières (40 à 60 cm), les effeuilleuses pneumatiques ont aussi l'avantage de bien se prêter à l'effeuillage de vendange. Ainsi ce peut être un investissement à double emploi.

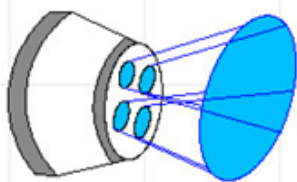
#### a. Les effeuilleuses à rotor simple

Le prix d'une effeuilleuse neuve pouvant être assez important, il peut rebuter certains viticulteurs désireux de faire de l'effeuillage précoce. Il serait donc probable de rencontrer des viticulteurs réutilisant leur ancienne effeuilleuse destinée à la vendange afin de s'essayer à l'effeuillage précoce. Dans ce cas de figure on peut aussi s'attendre à ce que ce soit plutôt des effeuilleuses à rotor simple. Comme la révélé l'enquête du Comité Champagne, les effeuilleuses pneumatiques sont les plus répandues et celles à rotor simple sont historiquement antérieures à celles à rotor double (page suivante, Fig. 4). Au fil des années l'évolution des modèles d'effeuilleuses à rotor simple a donné lieu à de nombreuses variantes. Ces différences peuvent avoir une importance s'agissant de modifier les machines afin de les adapter pour l'effeuillage précoce. En voici donc un bref historique.





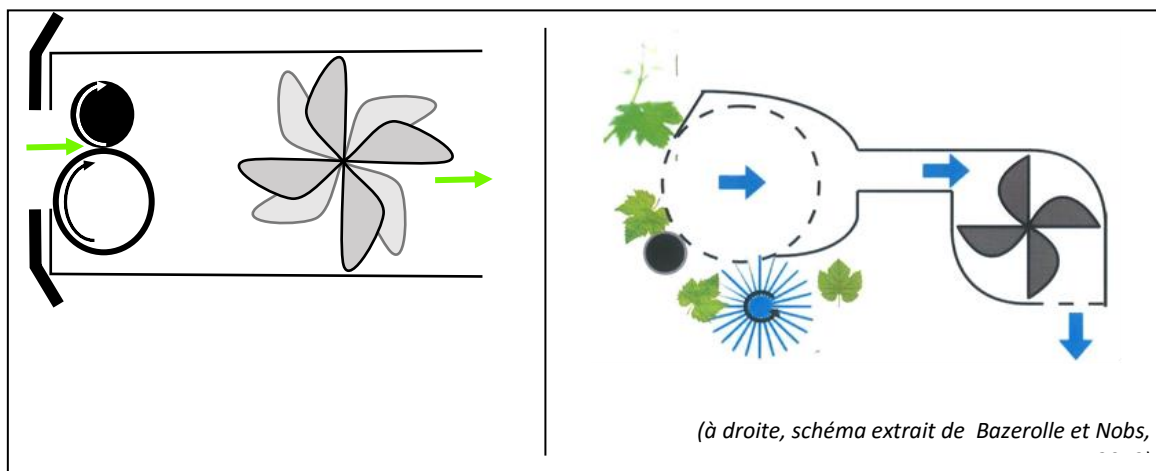
Figure 4 : Effeilleuse Ecojet (Photographie, matevi-France.com)



(Photographie, A. Roche ; Illustration, Ets Protechni)

Figure 5 : La buse « Interbuse » exclusive aux effeuilleuses Ecojet

La surface cumulée des quatre ouvertures de 8 mm de diamètre est équivalente à une surface unique de 16 mm de diamètre. Cela en fait la buse d'effeuillage la plus large du marché.



(à droite, schéma extrait de Bazerolle et Nobs,

Figure 6 : Schéma du principe de fonctionnement des effeuilleuses à rouleaux

**A gauche :** Principe de fonctionnement des effeuilleuses Binger et KMS.

Les flèches représentent la trajectoire des feuilles conjointement à l'aspiration du ventilateur.

**A droite :** Principe de fonctionnement de l'effeuilleuse AWS Stockmayer (similaire à Provitis).

Les flèches représentent uniquement le flux d'air. Les feuilles sont évacuées entières à l'extérieur.

En 1974 Maurice Gallay et Henri Sabourain déposent le brevet de la première effeuilleuse pneumatique (Gallay, 1976). Dans les années 80 ils se séparent pour développer et vendre leur propre effeuilleuse sous les marques respectives de « Galvit » et « Sabourain ». Les effeuilleuses Galvit misent sur une efficacité dû à la pression plutôt qu'au débit. Elles ont donc un diamètre de buse restreint à 10,5 mm. A l'inverse, les effeuilleuses Sabourain sont conçues pour une pression plus faible et un débit plus important. Leur diamètre de buse est de 12 mm. Les effeuilleuses Galvit sont peintes en bleu et font figurer le logo « Collard », nom de l'entreprise qui alors assemble les pièces. A partir des années 90 le constructeur Sabourain vend ses effeuilleuses sous la marque « ECOJET ». Dans les années 2000 Collard rachète Galvit pour construire ses propres effeuilleuses désormais reconnaissables à leur couleur jaune. Collard développe alors son propre modèle d'effeuilleuse à rotor simple. La variante pour tracteur enjambeur se nomme « Tornado ». Aujourd'hui ce modèle n'est plus en production et Collard ne fabrique plus qu'un modèle d'effeuilleuses à rotor double sous le nom de « Twin Rotor ». Il est de même pour les actuelles effeuilleuses ECOJET.

Dès 1997, le modèle Galvit est décrit par Descotes et Moncomble comme « la machine la plus répandue dans le vignoble champenois ».

#### b. Collard Twin Rotor

L'innovation de la tête d'effeuillage à rotor multiple voit le jour chez Collard afin « d'envisager une utilisation particulièrement efficace en effeuillage précoce » (Ets Collard, 2016, p. 7). La tête se compose de deux rotors côte à côte de sorte à couvrir toute la hauteur de la tête (en position initiale). La tête est inclinable de façon à réduire la hauteur de la zone d'effeuillage et à superposer les zones d'action des deux tourniquets. Dans la même optique d'adapter son modèle à l'effeuillage précoce, Collard a développé un modèle de buse plus large (14 mm).

#### c. Ecojet

L'effeuilleuse Ecojet possède aussi des têtes à rotor multiple mais initialement disposé l'un derrière l'autre. L'inclinaison des têtes est plus limitée que celles du modèle Twin Rotor ce qui permet une hauteur maximale d'effeuillage plus faible. Aussi, dans l'intention d'adapter son modèle à l'effeuillage précoce, le constructeur Protechni-Sabourain a développé une buse d'un diamètre plus large baptisée « Interbuse » (Fig. 5). D'après le constructeur, la forme de la buse divisée en quarts ouvertures permet une répartition plus large du flux d'air. La force de l'impact étant répartie sur une plus grande surface, le risque de blesser serait alors réduit (Protechni, 2016).

## 2. Les effeuilleuses à rouleaux.

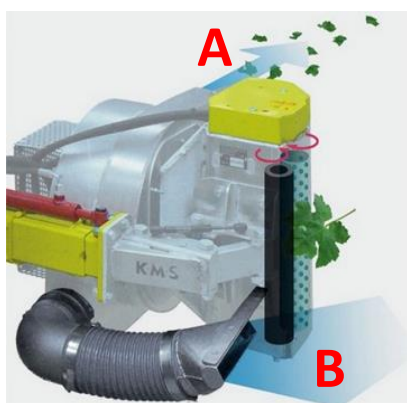
Une effeuilleuse à rouleaux se compose d'une à deux têtes d'effeuillage par rang. Elles sont le plus souvent positionnées à l'avant du tracteur et uniquement alimentées par hydraulique. Elles se composent chacune d'une paire de rouleaux accolés verticalement en contre rotation. Ce sont ces rouleaux qui appliqués contre le plan de palissage arrachent les feuilles. Derrière les rouleaux est placé un ventilateur. Le flux d'air généré passe au travers des rouleaux pour y attirer les feuilles (Dufourcq et al., 2009). Dans chaque paire de rouleaux il y en a donc toujours un ajouré de façon à laisser passer le flux d'air. L'autre rouleau est parfois qualifié de « rouleau d'arrachement ».

Les effeuilleuses à rouleaux peuvent encore se distinguer en deux sous-catégories. Les effeuilleuses construites par KMS et Binger évacuent les feuilles conjointement avec le refoulement du ventilateur. Les feuilles sont alors déchiquetées en passant au travers des pales. Les effeuilleuses construites par Provitis et AWS séparent les feuilles du flux d'air après leur passage entre les rouleaux. Les feuilles retombent donc sur le sol entières (page suivante, Fig. 6). Ce dernier groupe d'effeuilleuse semble avoir l'avantage d'éviter ainsi tous potentiels problèmes d'encrassement du ventilateur.



Figure 7 : Effeuilleuse KMS

(Photographie, M. Vigneron)



- A : Refoulement des feuilles
- B : Soufflerie Duo

Figure 8 : Illustration du système "soufflerie duo"

(Illustration, KMS Rinklin)



Figure 9 : Effeuilleuses Binger

A gauche le modèle EB490 (Photographie, matevi-france.com)

A droite le modèle EB490P (Photographie, ero-binger.it)

On considère qu'avant leur basculement les grappes sont trop légères et dans une position trop vulnérable. Afin de limiter de potentiels dégâts on recommande donc souvent de ne pas effeuiller aux stades les plus précoces (Monget et al., 2016). De plus, « Le taux et l'importance des blessures occasionnées aux grappes sont d'autant plus important que l'on s'approche du début de la véraison. [...] Il convient donc, avec le type de machine utilisé, d'intervenir assez tôt, dès que les grappes ont « basculé » en position verticale.» (Descotes et Moncomble, 1997, p. 9). Les têtes d'effeuillage étant en appui sur le feuillage, la qualité du travail dépend notamment de la qualité de la conduite (Bazerolle et Nobs, 2013).

#### a. KMS Rinklin

L'effeuilleuse KMS existe en une version dont les rouleaux sont hauts de 50 cm (EL50) et une autre plus compacte aux rouleaux de 30 cm (EL30). La taille réduite du ventilateur associé à un refoulement radial fait du modèle EL30 l'effeuilleuse la plus compacte du parc champenois. L'attelage est plutôt rapide à effectuer (Bazerolle et Nobs, 2013).

Un système optionnel de soufflerie « Duo » permet de nettoyer les capuchons lors d'une utilisation en sortie de floraison. Une vanne placée entre l'alimentation des rouleaux et du ventilateur (en série) permet d'ajuster directement le régime des rouleaux via un potentiomètre (Rinklin, 2011).

#### b. Binger Seilzug

L'ancien modèle de Binger se présente sous deux versions. Une aux rouleaux hauts de 490 mm (EB490) et une autre plus compacte aux rouleaux de 35 mm (EB350). Cette effeuilleuse a une tendance à s'encrasser assez rapidement. Sa conception plutôt encombrante n'est pas la mieux adaptée à un usage en vigne étroite. C'est donc pourquoi le constructeur a développé un nouveau modèle plus compacte et disposant d'un ventilateur moins disposé à l'encrassement. Cependant ce modèle n'existe encore que dans sa version « haute » (EB490P). D'autres améliorations pour mieux s'adapter aux vignes étroites sont en cours de développement dont la version compacte de la dernière génération (EB350P) sera prochainement disponible.

Pour laisser passer l'air, le rouleau a une forme crénelé qui sembleraient être moins susceptible d'accrocher des grappes ou des sarments que d'autres types de rouleaux (Pieroth et Pieroth, 2010). Ceci semble être confirmé par un banc d'essai de la CUMA Pays de la Loire - Maine et Loire (2010).

Les instructions de service fournis avec l'effeuilleuse sont très complètes et permet à l'utilisateur une grande autonomie quant à la mise en place et l'entretien (Binger Seilzug, 2014).



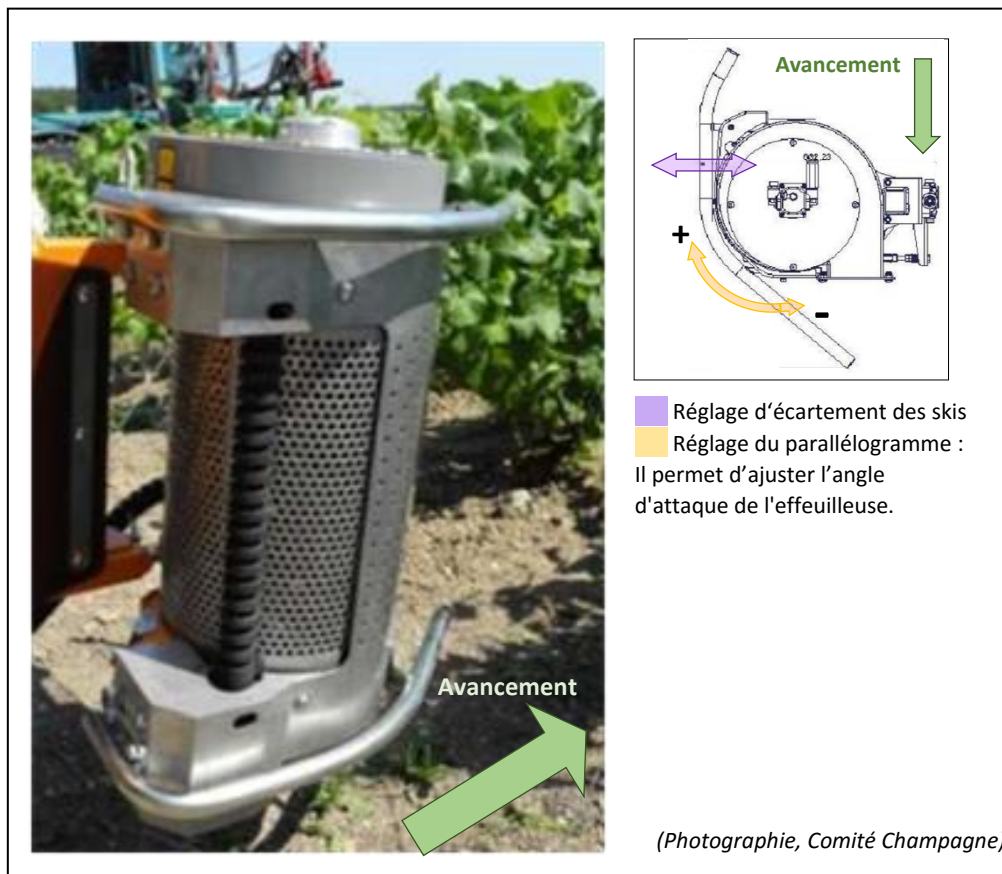


Figure 10 : Effeilleuse Provitis



Figure 11 : Effeilleuse AWS Stockmayer  
 (Photographie, Faupin.com)

### c. Provitis

La hauteur des rouleaux de cette effeuilleuse est de 45 cm. Le rouleau ajouré est ici remplacé par un tambour contenant le ventilateur. Un cache placé à l'intérieur permet de neutraliser l'aspiration sur une partie du tambour de sorte à laisser retomber les feuilles. La position du ventilateur à l'intérieur d'un tambour rend les têtes particulièrement encombrantes. Cette effeuilleuse ne peut donc pas être attelée en position latérale.

L'effeuilleuse Provitis se distingue aussi par le fait qu'elle présente quelques éléments de réglage en plus de ses concurrents. De la même manière que pour les effeuilleuses KMS et AWS, il est possible de modifier l'écartement des skis (Fig. 10). Le parallélogramme dispose de deux réglages, un pour ajuster l'effort constant d'appui sur la végétation, et un autre pour moduler l'angle d'attaque de la tête d'effeuillage (Fig. 10). Enfin il est aussi possible de modifier l'adhérence du rouleau d'arrachement ce qui permettrait de retirer plus ou moins de feuilles (Provitis, 2010).

### d. AWS Stockmayer

(Fig. 11) La hauteur des rouleaux de cette effeuilleuse est de 44 cm. Selon le même principe que Provitis, le ventilateur est relié uniquement au rouleau ajouré. Mais de plus, après leur passage entre les rouleaux les feuilles sont éjectées par un rouleau brosse (3<sup>e</sup> rouleau) appuyé en contre rotation sur le rouleau ajouré. Le rouleau d'arrachements n'est pas en appui sur l'autre rouleau (il y a un léger espacement). Les rouleaux sont alors entraînés conjointement par des pignons ce qui en limiterait l'usure.

Tableau 1 : Résumé des modalités

site	type d'eff	modalité	Vts	Prs	Rgm Tnq	buse	Nb B/T
1	pneumatique	moteur à 2000 tr/mn moteur à 2250 tr/mn	3				
5	pneumatique	102/202/303 1 anti-botrytis + EFF 2 anti-botrytis + EFF	3 3 3	1,30		interbuse	1
2	pneumatique	orange-vert (levant) rouge (levant) vert-jaune (couchant) rouge-bleu (couchant) orange (couchant) vert (couchant) bleu(couchant) noir (couchant)	3  2,5  3 2,5 3,5 3	1,00 0,80 0,80 1,00 0,80	500 250 500 250	interbuse 10,5 interbuse 10,5	1 2 1 2
3	pneumatique	effeuillé (PN) effeuillé (MN)	4 à 4,8	0,65	540	interbuse	2
4	pneumatique	bleu orange vert rouge	3,5 4 3,5	0,70	500 580 700	14	2
6	pneumatique	effeuillé parcelle est effeuillé parcelle sud	3,5 à 4	1,00	590	12	2
7	rouleaux	effeuillé	2,5				
8	pneumatique	effeuillé	5,5 à 6	0,50	600	14	2
9	rouleaux	8e ligne 11e ligne 15e ligne	3,5 3 3,5				
10	rouleaux	vert (eff 2 faces) orange	2,5 à 3				
10 bis	pneumatique rouleaux	bleu Eff 1 face Eff 2 faces	2,5 à 3				
11	pneumatique	effeuillé	3,8 à 4,5	0,40	630-640	14	2
12	rouleaux	effeuillé	5				
13	pneumatique	noir vert rouge	3,2	1,1 ? 0,90 1,10	600	interbuse 12	2
14	pneumatique	maron blanc (levant) bleu orange (levant) vert-blanc	4 3 5 3,3	0,60 0,4 à 0,45 0,45 à 0,5 0,65 0,60	700	12 interbuse 12	2
15	rouleaux	effeuillé	2,5 à 4				
17	rouleaux	bleu rouge	4,5				
18	pneumatique	effeuillé non traité effeuillé traité	3 à 3,5	0,80		10,5	2

Vts : vitesse d'avancement (km/h) ; Prs : pression (bar) ; Rgm Tnq : régime de rotation des tourniquets (tr/mn) ; 36  
buse : type de buse ou diamètre (mm) ; Nb B/T : nombre de buse/tête d'effeuillage

Chaque parcelle comporte un témoin excepté les sites 3 et 5 qui ont un témoin par modalité.

NB : Pour des raisons évidentes de manque de place tous les éléments de réglage ne sont pas présentés ici.

## II. Matériels et méthodes

---

### A. Dispositif expérimental et réseau parcellaire d'observation

En 2015 le Comité Champagne a mis en place un essai en blocs randomisés sur une parcelle dont les vignes ont été effeuillées par des modèles récents d'effeuilleuse. L'essai a confirmé l'efficacité biologique (*Botrytis* et *Oïdium*) décrite dans la littérature selon les facteurs de stade phénologique (nouaison), d'intensité d'effeuillage et de cépage (Meunier et Chardonnay). Le taux d'effeuillage moyen de -10 à -15% a aussi été confirmé. Dans l'ensemble cet essai a permis dans le contexte champenois actuel d'arriver aux mêmes conclusions que la littérature mais à l'échelle de seulement une parcelle.

Cependant, la diversité d'effeuilleuses présentes sur le parc champenois et les besoins et contraintes de chaque opérateur est source d'une diversité des pratiques d'effeuillage. C'est donc dans ce contexte que le Comité Champagne a choisi en 2016 d'étendre l'étude à l'échelle du vignoble. L'étude porte sur un réseau hétérogène de parcelles afin de couvrir au mieux la diversité du vignoble. Le but est alors de caractériser les réglages adaptés à l'effeuillage précoce pour le parc d'effeuilleuses disponibles sur le vignoble champenois, et ce afin de valider la qualité de l'effeuillage.

Le dispositif est double. Il consiste dans un premier temps en une enquête auprès des opérateurs champenois pratiquant déjà l'effeuillage précoce. Le but est alors de décrire le plus en détail possible les différents paramètres choisis par l'opérateur et les éléments de contextes qui affectent ses choix. Les différents points interrogés peuvent être considérés comme des variables regroupées en plusieurs catégories. Il y a les informations relatives aux caractéristiques de l'effeuilleuse, aux réglages puis aux conditions « environnementales » de l'effeuillage (tel que le stade phénologique ou le cépage). Par ailleurs, d'autres éléments relatifs à la pratique de l'opérateur viennent compléter cette base d'information.

Dans un second temps, des essais sont mis en place en partenariat avec les opérateurs enquêtés. L'enquête se résume à 17 entretiens et les essais ont pu être mis en place auprès de 16 de ces opérateurs (faute de témoin pour le site 16). Un des opérateurs du réseau est impliqué dans la mise en place de deux essais (site 1 et 5). Le réseau comporte donc un total de 18 sites dont 17 avec un essai (page suivante, Fig. 12 et Tableau. 2). Pour des raisons logistiques toutes les mesures n'ont pu être réalisées sur les deux sites les plus excentrés (7 et 9). L'effeuillage a été réalisé la plupart du temps le jour de l'entretien. Pour quelques exceptions l'effeuillage a été pratiqué avant (site 16 et 18). L'entretien réalisé auprès de l'opérateur du site 16 représente néanmoins une source d'informations non négligeables qui sont susceptibles d'être exploitées.

Le réseau est construit sur la base de deux types d'opérateurs. Le Comité Champagne s'est en premier lieu dirigé vers des prestataires de service qui ont une bonne maîtrise de l'effeuillage précoce et qui lors des entretiens sont porteur d'un savoir-faire. L'entretien se résume alors plutôt à de l'observation et l'essai ne comporte qu'un nombre limité de modalités. D'une autre part, des viticulteurs avec moins d'expérience ont sollicité le Comité Champagne pour bénéficier de conseils. L'entretien avec ces derniers implique alors aussi un transfert de l'expérience et du savoir-faire du premier type d'opérateur vers le second. Les essais ont alors une visé plus « expérimentale » et comporte un nombre plus important de modalités. Dans ce cas plus particulièrement (mais aussi dans le 1er), la pratique de l'opérateur fait office de résultat de l'entretien tout en conditionnant les modalités de l'essai. Cette partie du rapport présente donc une partie des résultats des entretiens à travers la définition des modalités des essais (Tableau. 1).



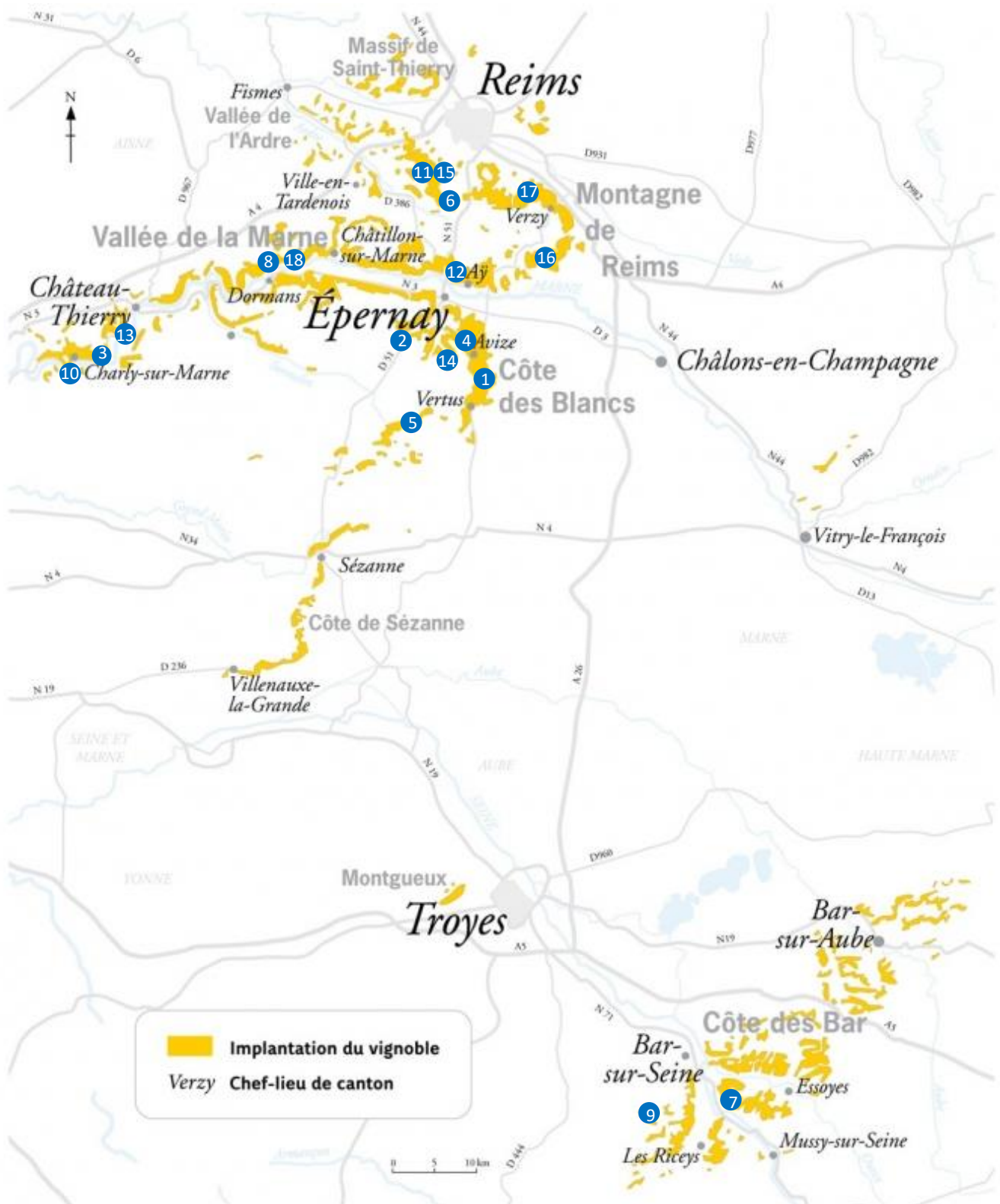


Figure 12 : Répartition des sites d'essai sur le vignoble champenois  
 (Illustration, Comité Champagne ; modifications, A. Roche)

Le dispositif est celui d'un « essai bande ». Il comprend au minimum deux rangs témoins non effeuillés et deux autres rangs effeuillés. Les rangs non effeuillés sont côte à côte en évitant d'être disposés en bordure de parcelle. Les rangs effeuillés sont adjacents au témoin.

Les opérateurs interviennent selon les cas sur leur propre parcelle ou en prestation de service. Selon les besoins des propriétaires des parcelles et de l'équipement à disposition, différentes modalités ont été mises en place selon chaque site (page précédente, Tableau. 1). Les modalités tiennent leur nom du marquage coloré qui les identifie en bout de rang. Quel que soit la modalité, la face effeuillée est toujours du côté « soleil levant » (orientée vers le nord ou vers l'est). Il y a cependant une exception pour le site 2 où seul les modalités « orange-vert » et « rouge » sont effeuillées de ce côté. Quel que soit la modalité il n'y a toujours qu'une face d'effeuillée excepté sur le site 10 pour la modalité « vert ». Le régime du tracteur et celui de la pompe hydraulique principale ne sont jamais dissociés excepté pour le site 17. Lors de cet essai le régime de la pompe hydraulique principale est pour la modalité « Bleu » de 1800 tr/mn et pour la modalité « Rouge » de 1600 tr/mn.

En dehors des choix de l'opérateur identifiés via l'enquête, les variables mesurées sont le taux d'effeuillage, les blessures infligés aux grappes par l'effeuilleuse, les dégâts de pourriture, le poids de 200 baies, l'acidité totale et le degré potentiel des moûts. Le taux d'effeuillage et les blessures d'effeuillage ne sont mesurés qu'une seule fois et le plus tôt possible après le passage de l'effeuilleuse. Les dégâts de pourriture et les paramètres de maturité sont eux aussi mesurés qu'une seule fois mais au plus près de la vendange.

Tableau 2 : Résumé des sites du réseau d'essais

Numéro du site	Commune du site	date d'effeuillage	stade phénologique	type d'effeuilleuse	constructeur (modèle)	Cépage
1	Le Mesnil sur Oger	30/06/2016	nouaison	pneumatique	Galvit	Chardonnay
2	Brungy	05/07/2016	grenaille	pneumatique	Galvit	Pinot N
3	Romeny sur Marne	05/07/2016	grenaille	pneumatique	Ecojet	Pinot N
4	Cramant	06/07/2016	grenaille	pneumatique	Galvit	Chardonnay
5	Loisy en Brie	06/07/2016	grenaille	pneumatique	Collard (Twin Rotor)	Meunier
6	Sermiers	06/07/2016	grenaille	pneumatique	Ecojet	Meunier
7	Buxeuil	06/07/2016	grenaille	rouleaux	Binger (EB350)	Pinot N
8	Vincelles	07/07/2016	grain de pois	pneumatique	Collard (Twin Rotor)	Pinot N
9	Avirey Lingey	08/07/2016	grenaille	rouleaux	KMS (EL50)	Pinot N
10	Charly sur Marne (Drachy)	11/07/2016	début grain de pois	rouleaux pneumatique	Stockmayer	Meunier
11	Ville Dommange	12/07/2016	grain de pois	pneumatique	Collard (Twin Rotor)	Pinot N
12	Aÿ	12/07/2016	grain de pois	rouleaux	Provitis	Pinot N
13	Azy sur Marne	12/07/2016	grain de pois	pneumatique	Ecojet	Meunier
14	Grauves	13/07/2016	près-fermeture	pneumatique	Ecojet	Chardonnay
15	Sacy	19/07/2016	près-fermeture	rouleaux	KMS (EL30)	Meunier
16	Bouzy	20/07/2016	près-fermeture	rouleaux	Provitis	
17	Mailly-Champagne (Romont)	21/07/2016	près-fermeture	rouleaux	Provitis	Pinot N
18	Vandieres	21/07/2016	près-fermeture	pneumatique	Collard (Tornado)	Meunier



Figure 13 : Greenseeker monté sur chenillard dans la parcelle d'Aÿ (site 12)  
 (Photographies, A. Reyes)

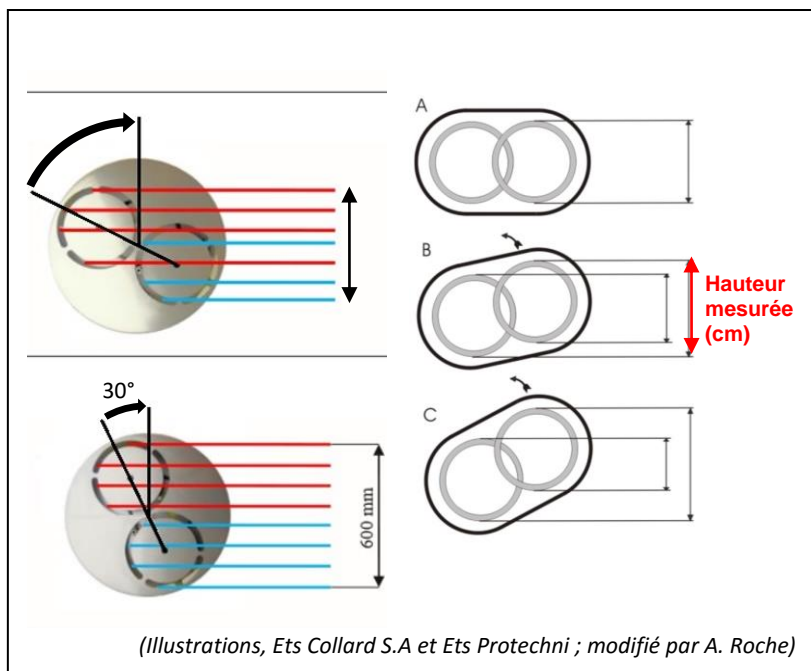


Figure 14 : Mesure de la hauteur de l'élément d'effeuillage lorsqu'elle est modulable

A gauche : tête d'effeuillage Collard Twin Rotor  
 A droite : tête d'effeuillage Ecojet

## B. Variables relatives aux effeuilleuses

### 1. Taux d'effeuillage

Le taux d'effeuillage est calculé à partir d'un indice de végétation appelé NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Cet indice est mesuré à l'aide du Ntech Greenseeker (Fig. 13). C'est un appareil optique dont le capteur détecte le feuillage de couleur verte sur une surface donnée. La valeur NDVI mesurée ici varie de 0 à 1. Elle représente ainsi la porosité du feuillage, 0 étant l'absence de feuille (un fond blanc placé en face) et 1 l'absence de porosité. On estime alors le taux d'effeuillage par le ratio du NDVI moyen de la vigne effeuillée et de la vigne non effeuillée (témoin). Le calcul employé est le suivant :

$$((\text{NDVI}_{\text{vigne effeuillée}} - \text{NDVI}_{\text{témoin}}) / \text{NDVI}_{\text{témoin}}) * 100 = \text{taux d'effeuillage}$$

L'acquisition des données est réalisée d'après le protocole défini par Lewandowski (2016) et élaboré à partir des travaux de Debuisson et al (2009). Chaque NDVI est obtenu en moyenne à partir de deux rangs. Si les rangs sont particulièrement long ou court au regard de la plupart des autres parcelles, le nombre de rangs est ajusté en conséquence.

### 2. Estimation des blessures

Les blessures sur grappe liés à l'effeuillage sont estimées par l'observation de 100 grappes sur pied pour chaque modalité. La **fréquence** des blessures est calculée d'après le nombre de grappes avec blessures. L'**intensité** des blessures est estimée par la proportion de grappe arrachée (effeuilleuses à rouleaux) ou par la proportion de baies touchées (effeuilleuses pneumatiques). Les estimations doivent être réalisées autant que possible par la même personne pour éviter un « effet opérateur ».

$$\text{Intensité des blessures pour une modalité} = (\sum \text{intensité de chaque grappe}) / 100$$

### 3. Réglages et caractéristiques des effeuilleuses

Ces variables donnent lieu au résultat de l'enquête mais contribuent aussi en partie à définir les modalités des essais.

Réglages et caractéristiques communes à toutes les effeuilleuses :

- Type d'effeuilleuse : Il s'agit d'identifier si le principe d'effeuillage est pneumatique ou à rouleaux.
- Modèle d'effeuilleuse : Il s'agit d'identifier le modèle en présence parmi ceux décrits dans la bibliographie.
- Vitesse d'avancement du tracteur (km/h) : C'est un élément clé de l'intensité de l'effeuillage. Plus la vitesse est rapide et moins l'effeuillage est intense. C'est aussi une donnée qui permet d'apprécier le débit de chantier et donc d'estimer entre autre le coût de l'opération.
- Régime d'entraînement (tour/minute) : Il s'agit du régime du tracteur ou de la pompe hydraulique principale si elle est dissociée. C'est une donnée indicative qui permet de palier à d'éventuelles lacunes d'information.
- Hauteur de l'élément d'effeuillage (Fig. 14) (cm) : Il s'agit de la hauteur des rouleaux ou du diamètre des tourniquets pour les effeuilleuses à rotor simple. Pour les effeuilleuses à rotor double on mesure la hauteur maximale couverte par les deux tourniquets à la fois.
- Consommation en fuel (l/ha) : Cette donnée n'informe en rien sur les réglages mais elle permet de mieux apprécier le coût de l'opération, chose qui n'est jamais à écarter.



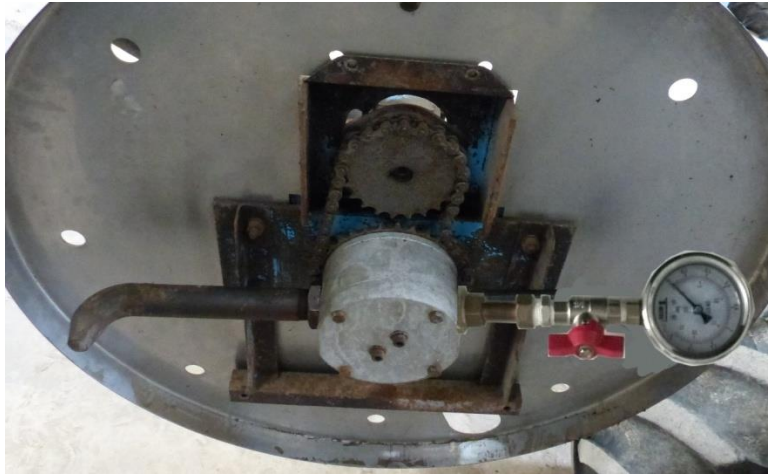


Figure 15 : Mesure de la pression en l'absence de manomètre en sortie du surpresseur  
Le manomètre (vendu par Collard) est monté sur le tourniquet à la place de la buse efficiente (à gauche, une buse bouchée). (Photomontage, A.Roche)

Têtes d'effeuillages à rotor simple Collard Tornado. Têtes d'effeuillages à rotor double Collard Twin Rotor (à gauche) et Ecojet (à droite).

Photographie, conceptvitivinicole.fr

Photographie, C. Monget

Ci-dessus le rotor de l'effeuilleuse Tornado est muni d'une buse efficiente à chaque extrémité. Les porte-buses sont de longueur différente de manière à donner une trajectoire aux buses en deux cercles concentriques. L'effeuilleuse Galvit n'a qu'une buse efficiente et à son opposé une buse bouchée servant de contrepoids.

En position initiale les tourniquets de l'effeuilleuse Twin Rotor sont alignés verticalement alors que ceux de l'effeuilleuse Ecojet sont horizontaux. Les têtes peuvent toutes deux s'incliner avec plus ou moins d'amplitude pour changer la position des tourniquets.

(Illustrations, Ets Collard S.A et Ets Protechni)

Figure 16 : Les têtes d'effeuilleuses pneumatiques

## Réglages spécifiques aux effeuilleuses pneumatiques

- Pression de l'air (bar) : S'il y a bien un manomètre en sortie du supprimeur, c'est la pression indiquée par celui-ci. Dans le cas contraire, la pression est mesurée avant la mise en marche complète de l'effeuilleuse en remplaçant une buse par un manomètre (Fig. 15). Seul le supprimeur est alors mis en route.
- Régime des tourniquets (tour/minute) : Il est mesuré directement sur les tourniquets à l'aide d'un tachymètre.
- Type ou diamètre des buses (mm) : Il est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.
- Le nombre de buses par tête d'effeuillage : Les effeuilleuses Collard Twin Rotor et Ecojet ont systématiquement deux buses par tête. Selon leur conception, les effeuilleuses à simple rotor ont pour chaque tête une buse efficiente en face d'une buse bouchée (en contre poids) ou deux buses efficaces (Fig. 16).

## C. Variables résultant de l'effeuillage

### 1. Taux de pourriture

Le taux de pourriture est estimé de la même manière que pour les blessures sur grappes. 100 grappes sur pied sont observées pour chaque modalité. La **fréquence** des dégâts est calculée d'après le nombre de grappes présentant des symptômes. L'**intensité** des dégâts est estimée par la proportion de grappe infectée par la pourriture grise. Toutes les estimations sont réalisées par la même personne.

### 2. Paramètres de maturité

On mesure seulement le poids de 200 baies, le degré potentiel et l'acidité totale du moût pour le témoin et une ou plusieurs des modalités effeuillées. Les baies sont prélevées deux par deux sur chaque face des rangs. Le poids de 200 baies est mesuré à l'aide d'une balance électronique. Les baies sont ensuite pressurées manuellement à l'aide d'un presse-purée à levier. Le degré potentiel (% Alc) est mesuré à l'aide d'un réfractomètre électronique. L'acidité totale est mesurée par titrage en présence de bleu de bromothymol d'après la méthode décrite par Semichon et Flanzy (1930). Elle est donnée en g/l de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## D. Phénologie et statistique

Les stades phénologiques de la vigne sont identifiés d'après l'échelle d'Eichhorn et Lorenz.

L'analyse statistique des différences entre les modalités est réalisée via un test de Student au risque de 5%.

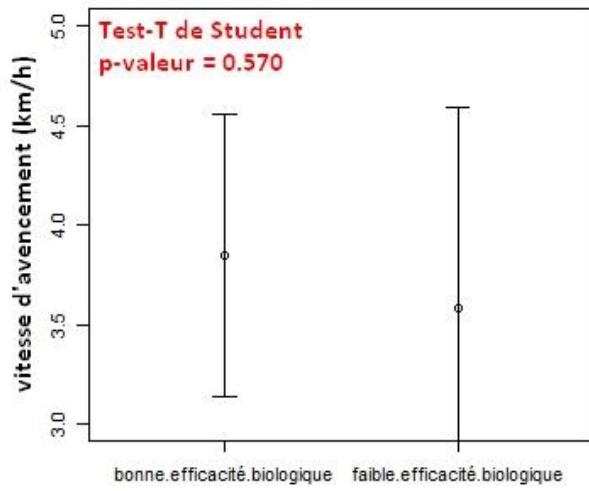


Figure 17 : Vitesse d'avancement en fonction de l'efficacité biologique

Bonne efficacité biologique : les dégâts de pourriture sont réduits de 25% minimum en fréquence et en intensité. On considère une faible efficacité biologique dans les autres cas.

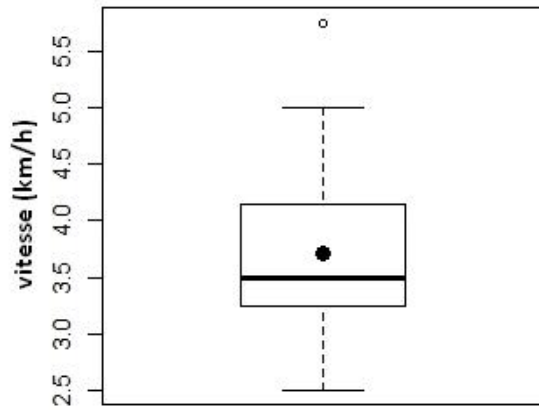


Figure 18 : Diagramme en boîte de la vitesse d'avancement

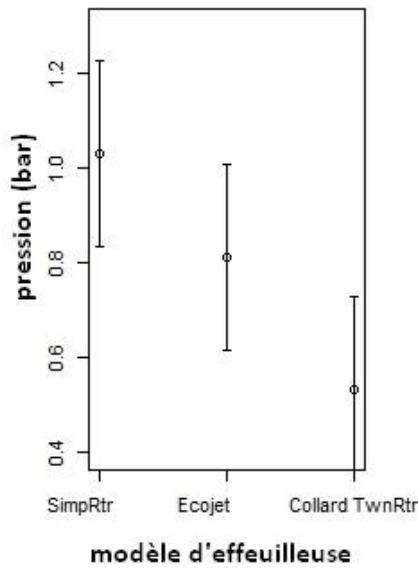


Figure 19 : Pression d'air moyenne des effeuilleuses pneumatiques en fonction du modèle

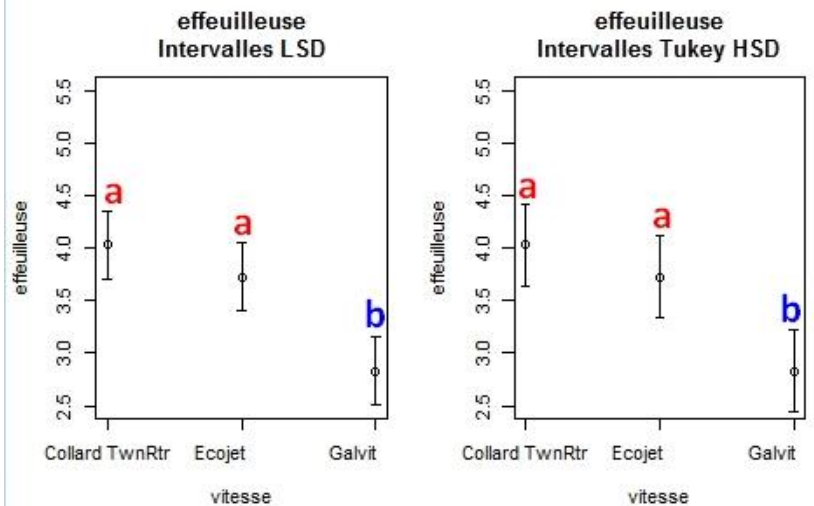


Figure 20 : Vitesse d'avancement en fonction du modèle d'effeuilleuse

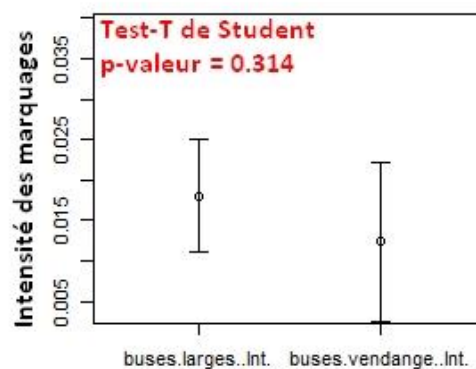
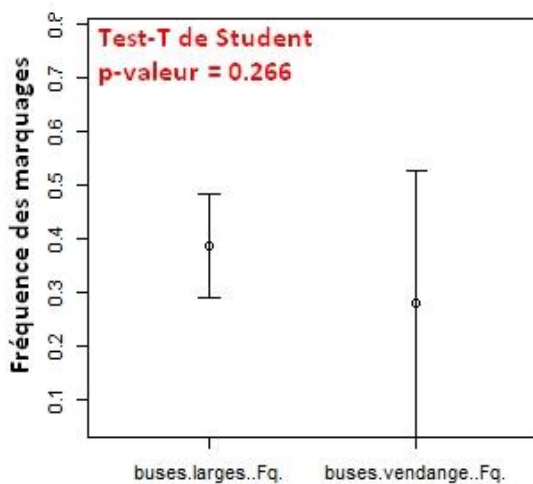


Figure 21 : Fréquence et intensité des marquages selon la catégorie de buse

### III. RESULTATS

---

#### A. Les réglages

##### 1. La vitesse d'avancement :

La vitesse est de fait un élément de réglage important quelque que soit le type d'effeuilleuse car elle détermine le temps d'action de l'outil sur le feuillage. C'est le premier élément de réglage pris en compte par les opérateurs pour tous types d'effeuilleuses confondus.

La vitesse moyenne pratiquée par les opérateurs est de 3,7 km/h. Bien que la gamme des vitesses pratiquées s'étende de 2,5 à 6 km/h (Fig. 18), la plupart des opérateurs roulent entre 3 et 4 km/h (variance = 0.7 ; écart type = 0.8). D'après les 12 sites où une pression sanitaire en pourriture à pu être observée, la vitesse pratiquée n'a pas de relation avec l'efficacité biologique (Fig. 17). On n'observe une différence significative de vitesse selon le modèle d'effeuilleuse pneumatique (Fig. 20). Si les utilisateurs d'effeuilleuse Collard Twin Rotor et Ecojet roulent à une moyenne d'environ 4 km/h, les utilisateurs de Glavit préfèrent rouler à environ 3 km/h.

L'opérateur du site 4 a observé visuellement que l'effeuillage pneumatique l'après-midi de journées chaudes est nettement moins efficace que s'il est pratiqué le matin pour des réglages identiques. Afin d'obtenir un résultat similaire l'après-midi, il doit ralentir sa vitesse d'avancement de 3,5 à 2 km/h. Ainsi, il voit son débit de chantier réduit et sa consommation de carburant augmenter de 36 l/ha à 60 l/ha. On peut faire ici l'hypothèse que les feuilles sont moins turgescentes et donc moins cassante durant l'après-midi. Ainsi elles seraient moins sensibles à l'effet de dilacération d'une effeuilleuse pneumatique.

##### Les effeuilleuses pneumatiques :

###### a. La pression d'air :

La pression d'air pratiquée varie de 0,4 à 1 bar. La pression moyenne toutes effeuilleuses confondu est de 0,8 bar. Les effeuilleuses à rotor simple fonctionnent à une pression moyenne de 1,0 bar, les effeuilleuses Ecojet à 0,8 bar et les effeuilleuses Twin Rotor à 0,5 bar (Fig. 19). Les effeuilleuses à rotor simple sont équipées le plus souvent d'une seule buse par tête d'effeuillage (excepté pour le modèle Tornado). Si on fait l'hypothèse qu'une meilleure répartition de l'air via deux buses par tête permet de mieux déchirer les feuilles. Une pression plus importante permettrait alors aux effeuilleuses à simple rotor de compenser ce manque de répartition.

###### b. Les buses :

La plupart des opérateurs utilisent le modèle de buse le plus large ( $\varnothing = 14$  mm pour Collard et « Interbuse » pour Ecojet). Ceux qui ne l'utilisent pas sont les opérateurs avec le moins d'expérience et qui n'ont pas particulièrement investi dans un matériel dédié à l'effeuillage précoce. L'innovation des constructeurs en matière de buse rencontre donc un succès car elle est bien employée pour ce pourquoi elle a été conçue. Tous les opérateurs utilisent le nombre de buse par tourniquet conforme à la conception d'origine de leur effeuilleuse. Il y a donc toujours qu'une seule buse par tourniquet excepté pour le modèle Collard Tornado (site 18).

Le nombre d'opérateur utilisant des buses de 12 mm de diamètre étant trop limité, on choisi de regrouper les buses en deux catégories, les « buses vendange » (10,5 et 12 mm) et les « buses larges » préconisées par les constructeurs pour l'effeuillage précoce (14 mm et Interbuse). Il apparait alors qu'en moyenne aucune des ces deux catégories de buse ne provoque plus de blessures (marquages) que l'autre (Fig. 21). Le diamètre des buses n'a pas non plus de relation avec la pression choisi par les opérateurs (page suivante, Fig. 22).



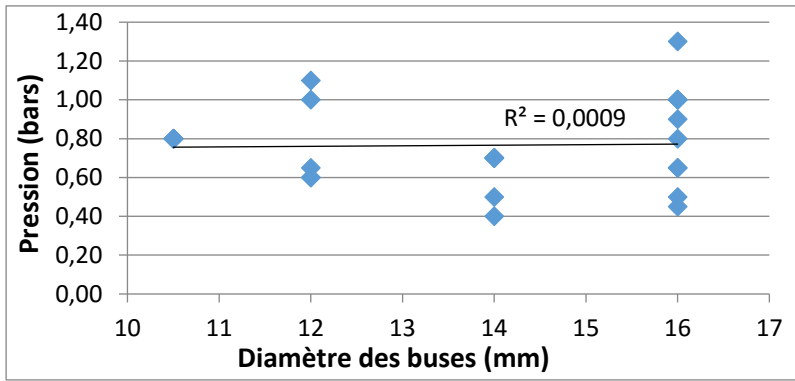


Figure 22 : Pression d'air choisie en fonction des diamètres de buse

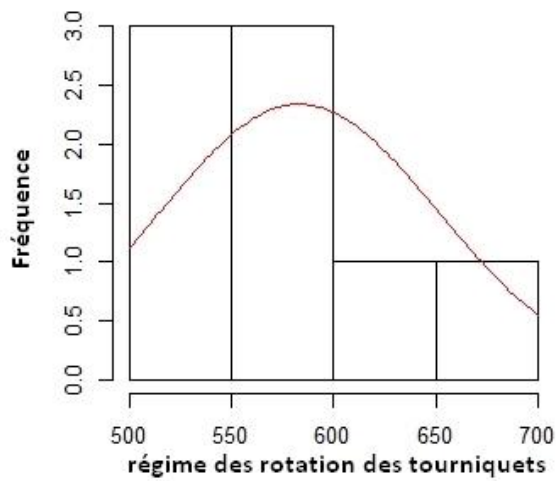


Figure 23 : Histogramme du régime de rotation des tourniquets

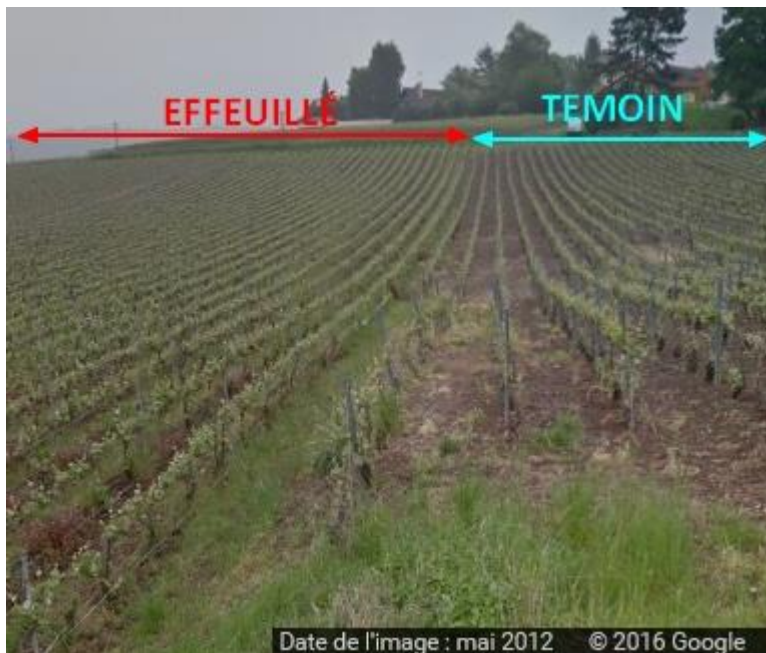


Figure 24 : Site 6, suspicion d'hétérogénéité intra-parcellaire

La différence d'enherbement au sein même de la parcelle peut expliquer une expression végétative initialement plus faible pour la modalité effeuillée dont le taux d'effeuillage est de -29,6 %.

### c. Le régime de rotation des tourniquets :

Il varie entre 500 et 700 tr/mn (Fig. 23). C'est un élément de réglage dont les opérateurs se préoccupent peu car ils connaissent mal son incidence sur l'effeuillage. Certains opérateurs se contentent de maintenir le même régime que lors d'un effeuillage de vendange. Cependant, l'opérateur du site 4 a observé une meilleure intensité d'effeuillage en 2015 avec une rotation plus modérée de 500 tr/mn. Les feuilles seraient alors découpées plus grossièrement.

### d. La hauteur de l'élément d'effeuillage :

La hauteur de l'élément d'effeuillage varie de 26 à 58 cm selon les modèles conformément à ce qui est décrit dans la bibliographie. Lorsque la hauteur est variable, elle varie de 32 à 55 cm pour le modèle Ecojet et de 37 à 58 cm pour le modèle Collard Twin Rotor. La différence entre ces deux fourchettes de valeurs dépend de l'orientation par défaut des têtes d'effeuillage. Les utilisateurs de Twin Rotor soulignent néanmoins une difficulté à exploiter pleinement le potentiel mis en avant par le constructeur. La rigidité des tuyaux amenant l'air jusqu'aux têtes rend difficile le réglage de la hauteur à son minimum théorique de 30 cm.

Le nombre limité de répétitions ne permet pas de comparaison statistique. Cependant les opérateurs des sites 3 et 8 réussissent à obtenir parmi les meilleures performances en matière de blessures par effeuillage pneumatique avec une hauteur respectivement de 40 cm (Ecojet) et 37 cm (Collard Twin Rotor).

### Les effeuilleuses à rouleaux :

Sur le modèle Provitis, l'opérateur du site 17 a identifié le réglage des skis comme un point important de l'intensité d'effeuillage. L'écartement des skis permet d'augmenter la distance minimale entre la tête d'effeuillage et le plan de palissage. Ainsi l'intensité d'effeuillage est d'autant plus réduite que les skis sont écartés. Sur le modèle Provitis en présence, les skis sont écartés de 3 cm (distance d'écartement de la vis de réglage depuis la position minimum). Cela coïncide bien avec les conclusions de l'IFV Sud-Ouest qui lors d'un banc d'essai identifie la position des têtes d'effeuillage comme l'élément de réglage déterminant des effeuilleuses à rouleaux (Gaviglio, 2007).

Mis à part cela, les opérateurs ne semblent pas se préoccuper des éventuels autres éléments de réglages conçus par les constructeurs. Le réglage des effeuilleuses à rouleaux se limite le plus souvent au choix de la vitesse d'avancement.

## B. Le taux d'effeuillage

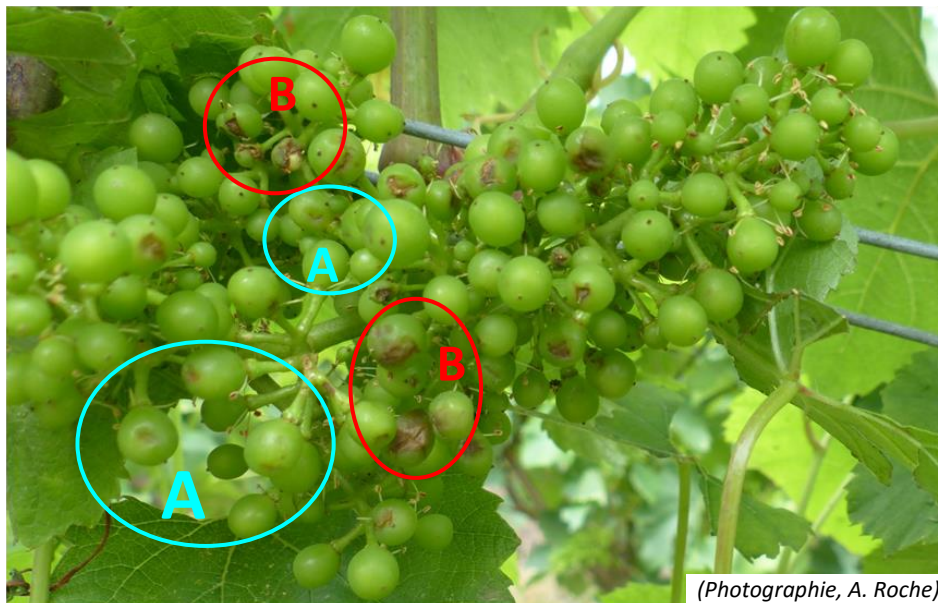
Les contraintes logistiques inhérentes à l'utilisation du Greenseeker n'ont pas permis d'estimer le taux d'effeuillage le jour même de l'effeuillage. Ainsi les mesures sont susceptibles d'avoir subi un biais qui serait dû à la repousse des entre-cœurs. Les mesures pour 13 des 35 modalités révèlent un taux d'effeuillage entre -8 et -16 % conforme aux résultats de 2015 et à la littérature. Le délai avant mesure pour ces modalités varie de 5 à 23 jours.

Certaines mesures ont révélé un taux d'effeuillage positif signifiant que l'expression végétative de la modalité effeuillée est supérieure au témoin. Des observations complémentaires ont alors été réalisées juste avant la vendange (à l'occasion des comptages de pourriture) dans le but de palier à ces incohérences. Sur le site 11 où le taux mesuré est de +3,4 %, les observations révèlent que les grappes sont « bien dégagées ». Ainsi 15 modalités sont qualifiées de « modéré » ou « bien dégagées » contre seulement 4 « faible ».

Les incohérences laissent penser à un biais d'hétérogénéité intra-parcellaire de l'expression végétative. Un témoin dont l'expression végétative est inférieure à celle de la modalité effeuillée avant effeuillage expliquerait les mesures de taux positif. Si la modalité effeuillée est initialement moins expressive que le témoin, le taux d'effeuillage est alors surestimé tel qu'il semblerait sur le site 6 (Fig. 24).



Figure 25 : Blessures suite au passage d'une effeuilleuse à rouleaux (Photographie, A. Roche)



Cette photographie illustre l'éventail des blessures possibles suite à un effeuillage pneumatique. C'est un cas extrême qui n'est pas représentatif de la modalité.

A : Les baies sont marquées. C'est le principal effet obtenu si on adapte les réglages à l'effeuillage précoce.

B : Dans le cas d'un réglage de vendange, une partie des baies peuvent éventuellement être détruites.

(Photographie, A. Roche)

Figure 26 : Cas extrême de blessures sur grappe suite à un effeuillage pneumatique (réglages de vendange)



Grappe observée dans la modalité du site 4 présentant le plus fort taux de marquage (5% d'intensité). Cette grappe présente une des plus fortes intensités de marquage de la modalité. En bleu on observe les cicatrices.

Figure 27 : Marquage sur grappe 20 jours après effeuillage pneumatique (Photographie, A. Roche)

Plusieurs des utilisateurs d'effeuilleuse pneumatiques avec le plus d'expérience déclarent observer un résultat différent d'une parcelle à l'autre la même année avec les mêmes réglages. Ils observent aussi des résultats différents d'une année sur l'autre avec les mêmes réglages sur une même parcelle. On peut donc faire ici l'hypothèse d'un effet terroir et d'un effet millésime. Prédéfinir un réglage à l'avance semble donc inapproprié. Il incombe alors à l'opérateur de s'approprier une gamme de réglages qui conviendrait à l'ensemble de son terroir. Cela correspond à la pratique des opérateurs les plus expérimentés (évoqués ci-dessus) qui modulent leur réglage de référence selon les années ou éventuellement selon les parcelles.

### C. Le taux de blessures

Suite au recul acquit après plusieurs comptages, il est apparu qu'une part des blessures comptabilisées (causées par un effeuillage pneumatique) ne résultent pas de l'effeuillage. C'est donc là un biais qui a par la suite été pallié via le comptage des blessures sur témoin. On met ainsi en évidence un « bruit de fond » qui est soustrait à la fréquence et à l'intensité des blessures. Ce sont ces valeurs corrigées qui sont présentées ici.

Les blessures provoquées par une effeuilleuse à rouleaux ont pour effet d'arracher une portion de grappe (Fig. 25). Les comptages signifient donc une perte nette en raisin. Ces blessures sont souvent faibles en fréquence (en moyenne 7,2 % contre 38,8 pour l'effeuillage pneumatique) et en intensité (en moyenne 0,2% contre 1,8%). Il y a donc bien une perte de raisin mais en quantité négligeable.

Les blessures provoquées par un effeuillage pneumatique sont beaucoup plus relatives. On préfère donc parler d'un « marquage » des baies plutôt que de véritables blessures. Il peut arriver que des baies soient effectivement détruites mais une telle intensité de marquage survient le plus souvent lorsque l'on effeuille avec des réglages similaires à ceux de l'effeuillage de vendange (diamètre de buse réduit et pression importante). Le marquage des baies s'apparente à un choc provoqué par l'impact du flux d'air. Les marques les plus superficielles ressemblent à un léger « coup de pouce ». Les marques les plus profondes entraînent une rupture partielle de la pellicule des baies donnant un aspect « mâché » (Fig. 26). Dans le cas présent, même les marquages de la plus faible intensité ont été comptabilisés. Les marquages d'effeuillage pneumatique se révèlent alors significativement plus importants en fréquence et en intensité que les blessures provoquées par une effeuilleuse à rouleau (Fig. 28).

Pour des raisons logistiques les comptages de blessures ont parfois été réalisés de manières différées. À cette occasion, au lieu d'observer des grappes plus lâches à cause de baies qui seraient tombées ou restées petites, on observe que les baies marquées continuent leur croissance végétative. Les marquages causés par l'effeuillage pneumatique semblent donc donner lieu à une bonne cicatrisation des baies. Ainsi, bien que les comptages révèlent dans certains cas une intensité de marquage non négligeable, ils ne sont pas pour autant synonyme d'une perte en raisin de la même intensité. Ainsi l'ensemble des observations du réseau nous laisse conclure que les marquages d'effeuillage pneumatique sont négligeables de la même manière que pour les blessures d'effeuilleuses à rouleaux.

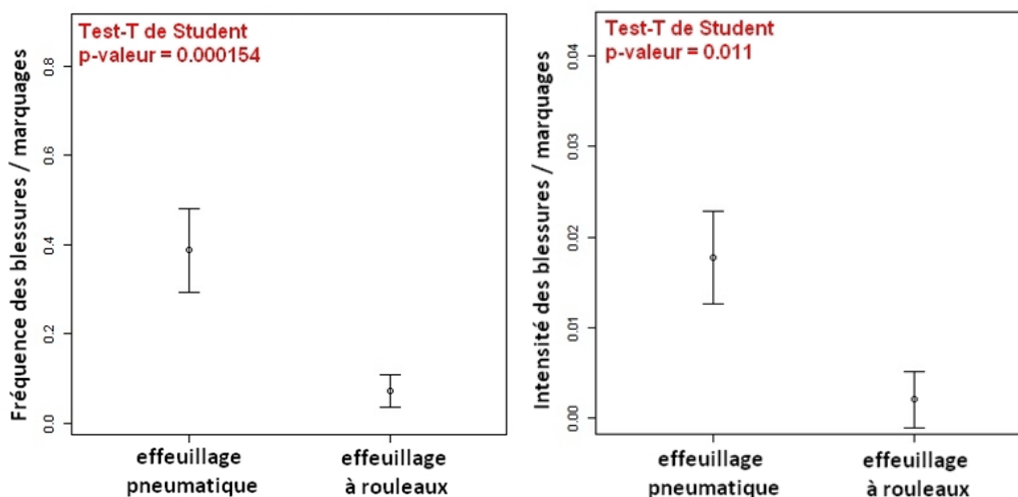


Figure 28 : Fréquence et intensité moyenne des blessures ou marquages par type d'effeuilleuse



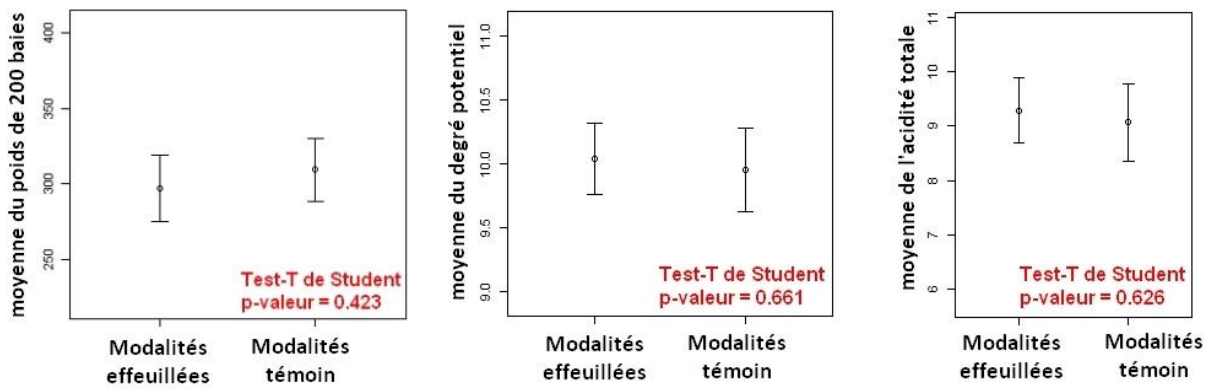


Figure 29 : Moyenne des paramètres de maturité par modalité

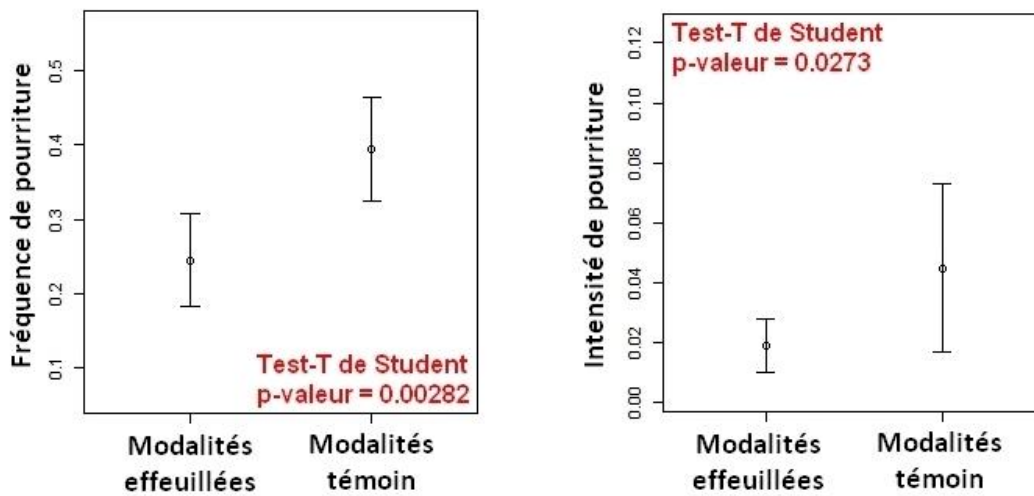


Figure 30 : Fréquence et intensité moyenne du taux de pourriture par modalité

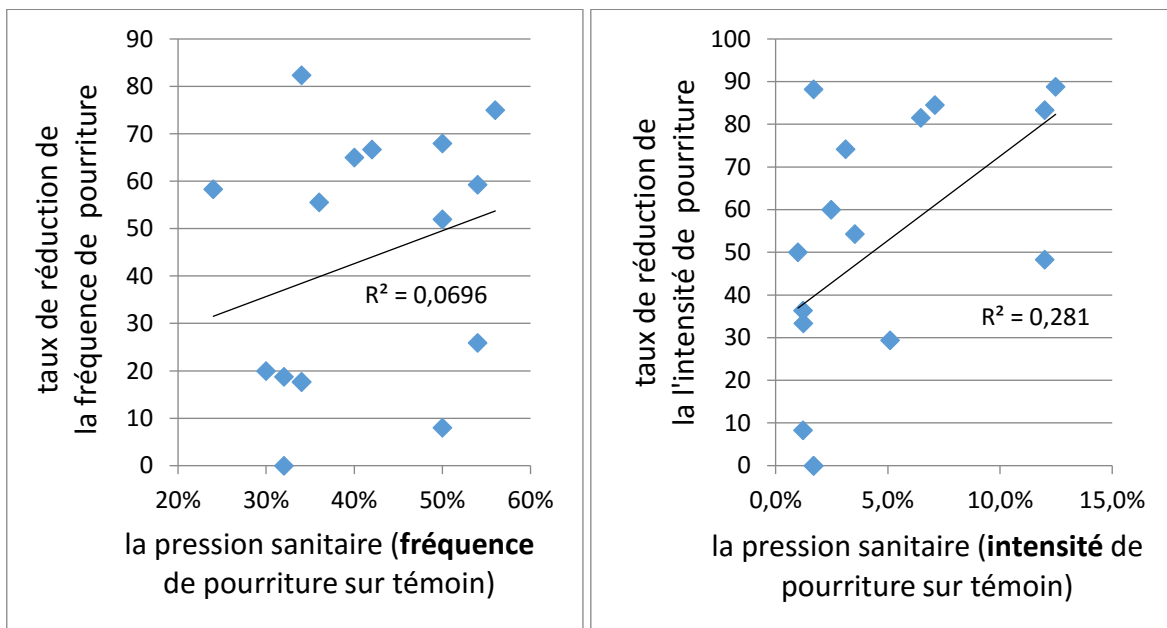


Figure 31 : Efficacité biologique en fonction de la pression de pourriture

## D. La maturité

Les analyses de maturité tout sites confondus ne révèlent aucune différence significative entre les témoins et les modalités effeuillées, et ce quel que soit le paramètre concerné (poids de 200 baies, degré potentiel et acidité totale) (Fig. 19). On conclue alors que pour 19 modalités du réseau (taux d'effeuillage valides et observations) un taux d'effeuillage de -8 à -16 % n'a pas d'incidence sur la maturité. Il faut noter que l'absence d'effet est valable pour une large gamme de niveaux de maturité allant de 218 à 407 g pour le poids de 200 baies, de 8,9 à 11 pour le degré potentiel et de 4,4 à 9,2 g/l de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pour l'acidité totale. Dans une région septentrionale telle que la Champagne où la maturité est une préoccupation de majeur, on lève alors ici un frein important.

## E. L'échaudage

Suite à une vague de chaleur survenue du 24 au 27 août (maximales journalières de 35 à 37°C d'après Météo-France), des dégâts d'échaudage ont été signalés dans toute la Champagne. Des observations ont alors été réalisées au moment des comptages de Botrytis.

Globalement, aucun échaudage n'a été observé sur la face effeuillée à deux exceptions près. L'échaudage observé parmi les modalités effeuillées du site 2 semble inférieur ou égale à celui du témoin. La modalité présentant l'aspect le plus effeuillé (modalité « rouge-bleu ») présente ici une fréquence et une intensité d'échaudage proche de celle du témoin mais l'absence de répétitions ne permet pas de conclure à un résultat significatif. L'échaudage observé sur le site 13 serait dû à la forte porosité du feuillage résultant d'une expression végétative très faible. Sur la face effeuillée c'est la face des grappes exposées au soleil couchant qui présente des symptômes d'échaudage. L'opérateur du site 10 rapporte un accident d'échaudage qu'il impute au rognage des vignes juste avant la vague de chaleur.

## F. Le taux de pourriture

Les modalités du site 2 ont été écartées de l'analyse statistique pour cause d'absence de pression en pourriture. Les comptages révèlent alors un taux de dégâts de pourriture significativement inférieur au témoin en fréquence et en intensité quel que soit la modalité effeuillée (Fig. 30). Il y a donc une efficacité biologique quelque soit le taux d'effeuillage. Pour l'ensemble du réseau, la réduction moyenne de pourriture est de 42 % en fréquence et de 49 % en intensité. Ceci est conforme à la littérature qui mentionne des réductions en intensité de 50 %. Il faut noter cependant que l'indice de fréquence des traitements anti-Botrytis n'a ici pas été pris en compte.

Il n'apparaît aucune relation linéaire entre la pression de pourriture et le taux d'efficacité biologique (Fig. 31). On n'observe donc pas l'hypothèse de tendance émise par Serrano et al (2000) selon quoi l'effet « hétérogénéité des foyers d'infestation » limite la réponse d'efficacité biologique en terme de fréquence. Il est ici possible d'obtenir une bonne efficacité biologique indépendamment de la pression de pourriture en fréquence.

Tableau 3 : Atouts et contraintes des types d'effeuilleuses

	Les effeuilleuses pneumatiques	Les effeuilleuses à rouleaux
Atouts	<p>Une configuration adaptée pour l'effeuillage précoce (avec une vanne trois voies) laisse toujours la possibilité de pratiquer l'effeuillage de vendange. Ceci permet d'utiliser l'effeuilleuse lors de deux opérations dans l'année et donc de mieux amortir l'investissement.</p> <p>Il est possible d'effeuiller avant le basculement des grappes dès la nouaison sans craindre un surcroît de blessures qui seraient causé par des rouleaux (Descotes et Moncomble, 1997). Ceci permet donc d'effeuiller à la période permettant d'après la littérature un bénéfice prophylactique optimal.</p>	<p>La consommation en fuel est généralement plus faible et d'après les opérateurs ne dépassent jamais celle d'une rogneuse.</p> <p>L'attelage est souvent simple et rapide.</p> <p>La plateforme arrière reste libre pour un pulvérisateur ce qui permet un gain de temps précieux durant la campagne de traitement.</p> <p>Une tête d'effeuillage avec retournement représente le coût d'achat le plus faible mais une configuration permettant l'effeuillage de vendange (avec quatre têtes) est nettement plus chère que l'équivalent pneumatique.</p> <p>L'effeuillage par arrachage de feuilles entières peut être mieux apprécié par certains opérateurs pour son aspect visuel.</p>
Contraintes	<p>Le surpresseur est particulièrement demandeur en puissance pour le tracteur. Cela entraîne une usure accrue est une consommation en fuel relativement importante. Il est cependant possible de palier au moins partiellement à ce problème par un entrainement direct (mécanique plutôt que hydraulique) ou un moteur thermique auxiliaire (indépendant du tracteur).</p> <p>Le surpresseur occupe la plateforme arrière du tracteur ce qui oblige à démonter le pulvérisateur en pleine campagne de traitement.</p>	<p>Le poids de certains modèles (tel que le EB490 de Binger) peut représenter une charge importante à l'avant du tracteur.</p> <p>C'est un outil qui requiert souvent de la part de l'opérateur une concentration importante et de tous les instants. Malgré l'ajout d'un parallélogramme (système d'assistance au suivi du palissage) sur certains modèles, une bonne dextérité de la part du conducteur est souvent requise pour bien appliquer l'effeuilleuse sur le palissage sans risquer de l'endommager.</p>

## G. Choix de l'effeuilleuse

Quelque soit la modalité, l'objectif de l'effeuillage est dans l'ensemble atteint. On obtient un bénéfice prophylactique significatif sans altérer la vendange. Les critères de réglage selon l'appréciation des opérateurs semblent donc valides. Cela se résume à obtenir des grappes visiblement bien dégagées sans provoquer de blessures en apparence.

Mais la stratégie de l'opérateur ne se résume pas à la simple opération d'effeuillage. Mis à part l'efficacité biologique et d'éventuels préjudices, le choix de l'effeuilleuse est aussi affecté par le raisonnement global de l'itinéraire technique. Ainsi l'enquête a permis de rencontrer de multiples opérateurs utilisant des effeuilleuses plus ou moins différentes mais répondant toujours aux besoins de chacun. Aucune effeuilleuse n'est ressortie préférentiellement de l'enquête. L'enjeu pour un viticulteur est d'identifier parmi une variété de modèles celui qui s'adapte le mieux à ses besoins et ses contraintes.

### **Le coût de l'effeuillage précoce :**

Le coût d'une prestation de service varie entre 400 et 500 €/ha (HT).

Le prix d'achat d'une effeuilleuse neuve est très variable selon la configuration (nombre de têtes d'effeuillage et options). Ainsi, une seule tête Binger EB490 sans option coûte 4500 €. Avec retournement une KMS EL30 coûte 8000 € et une Provitis 10150€. Une effeuilleuse pneumatique coûte environ 20000 € pour deux rangs (4 têtes). Cependant il est possible d'acheter une effeuilleuse d'occasion à bien moindre coût comme une Galvit pour moins de 1000€. Il faut noter que cette solution implique de faire adapter l'effeuilleuse par l'ajout d'une vanne 3 voie pouvant coûter environ 3000 € (main d'œuvre incluse).

La consommation en fuel lors de l'utilisation d'une effeuilleuse à rouleaux est relativement faible. Les utilisateurs de Provitis et KMS estiment qu'elle est inférieure ou égale à celle d'une rogneuse. Il est possible de les atteler sur des tracteurs d'une faible puissance tel que des tracteurs 3 roues (Laupetre ou Jaguar dont la puissance est d'environ 65 CV). Les autres effeuilleuses consomment environ entre 30 et 60l/ha. Les tracteurs rencontrés sont d'une puissance entre 100 et 130 CV. Il faut ici rappeler que les effeuilleuses à double rotor offrent un effeuillage satisfaisant pour une vitesse d'avancement 1 km/h supérieur à celles à rotor simple. Cet élément est déterminant dans le débit de chantier et donc dans la consommation.





## IV. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

---

### A. Les atouts du dispositif en réseau

- 
- Le réseau permet de mettre en place un dispositif d'une grande ampleur :
  - Il permet de couvrir la diversité des terroirs Champenois ce qui confère une très grande robustesse aux résultats. Les conclusions unanimes ont alors beaucoup plus de poids que lors d'un essai sur une seule parcelle.
  - Il permet de mettre à l'essai l'éventail des effeuilleuses du parc Champenois sans les contraintes d'un banc d'essai.
- L'expérience des opérateurs représente un savoir-faire et une somme de connaissances empiriques qu'il serait long et coûteux d'acquérir expérimentalement. Le nombre important des opérateurs permet de multiplier cette expérience.
- C'est une occasion d'opérer un transfert de compétences des opérateurs les plus expérimentés vers ceux qui le sont le moins.
- Des essais mis en place directement dans un contexte de production ont plus de crédit à aux yeux des viticulteurs car ils sont déjà soumis à des conditions de mise en pratique. Il est important pour un viticulteur intéressé par l'effeuillage précoce de pouvoir se projeter à partir d'un exemple relativement proche de sa situation. À contrario, en condition expérimentales les essais bénéficient d'un soin plus particulier grâce à des moyens humains et matériels déployés plus conséquents.
- Le dispositif en réseau permet de développer du lien humain entre les viticulteurs et le Comité Champagne. Ainsi l'entretien de bonnes relations contribue au fait que les travaux du Comité Champagne soient bien reçus par les producteurs.

### B. Les limites du dispositif en réseau

- Le terroir dans son sens le plus large regroupe un grand nombre de biais : **sol** (hétérogénéité inter et intra parcellaire) **climat** (les sites les plus éloignés sont espacés de plus de 150 km), **humain** (l'expérience en matière de conduite, de réglages et de gestion de facteurs environnementaux, le choix de l'itinéraire technique de la parcelle (traitements, rognage)), **matériel végétal** (cépages, clones, système de conduite)
- L'équipement varie d'un opérateur à l'autre pour un même modèle d'effeuilleuse (différentes configurations possibles pour un même modèle, attelage sur des tracteurs aux caractéristiques différentes).
- Les mesures ne peuvent pas toutes être prises dans les mêmes conditions du fait des contraintes logistiques qui sont inévitablement accrues par la distance entre les sites. Si la même personne se charge de toutes les mesures, la distance entre les sites induit un délai entre les mesures. Si on multiplie les effectifs pour réduire ce biais, on introduit alors un effet opérateur.
- L'étendue du dispositif étant déjà considérable, il est difficile de se permettre de répéter des modalités sur un même site.



## C. Le taux d'effeuillage

Calculer la surface foliaire totale du témoin à partir de la valeur NDVI mesurée permettrait de tenir compte des différences d'expression végétative entre les sites.

Comme on l'a vu, une expression végétative hétérogène au sein d'une même parcelle est susceptible de biaiser fortement le taux d'effeuillage mesuré. Pour vérifier l'absence de cette hétérogénéité il faudrait étendre ce calcul de surface foliaire aux modalités effeuillées avant même d'effectuer l'effeuillage.

Réaliser plusieurs mesures du taux d'effeuillage sur une même vigne au cours de la campagne permettrait d'identifier la cinétique du recouvrement des grappes. Ceci implique de tenir compte des dates et de la fréquence des rognages qui stimulent la repousse des entre-cœurs.

Quoi qu'il en soit, dans la perspective de rédiger des fiches de conseil technique, l'estimation du taux d'effeuillage par mesure du NDVI est une méthode encore trop lourde à mettre en place pour les opérateurs. Il est possible d'estimer le taux d'effeuillage à moindre coût mais avec moins de précision par l'analyse des points quadras (Reyes, 2016). Cela reste cependant une méthode laborieuse et contraignante à appliquer par les opérateurs. Pour pouvoir établir des préconisations précises il reste alors à mettre au point un outil facilement applicable pour apprécier la qualité d'un effeuillage et déterminer s'il est suffisant ou non. Cela pourrait peut-être prendre la forme d'un référentiel à base de photos.

## D. Les blessures

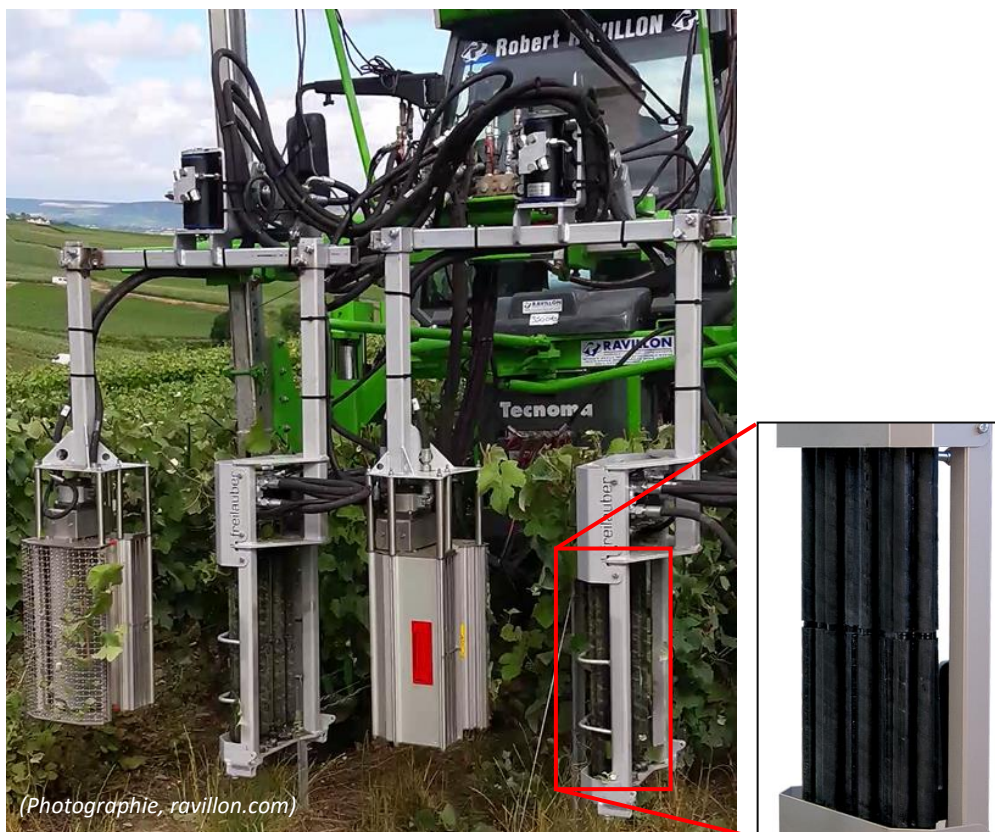
La relativité des blessures causées par les effeuilleuses pneumatiques les rend difficiles à comparer à celles causées par les effeuilleuses à rouleaux. Si l'on souhaite néanmoins tenir compte de cette variable pour comparer les effeuilleuses et les réglages entre eux, il serait alors nécessaire d'estimer avec plus de précision la perte nette en raisin causée par un effeuillage pneumatique. Cela pourrait faire l'objet d'un suivi de grappes avec une forte intensité de marquage et déterminer quelle proportion de baies est effectivement perdue au moment des vendanges.

Par ailleurs, les pertes de raisin causées par le rognage n'ont pas fait l'objet de comptages. Il n'est cependant pas rare de rencontrer des grappes sectionnées par les couteaux d'une rogneuse. Ces blessures semblent a priori être d'une intensité égale voir bien supérieur et ceux causés par une effeuilleuse. Or ces blessures génèrent systématiquement une perte nette en raisin qui ne semble alarmer aucun viticulteur.

## E. Le taux de pourriture

Bien que le protocole se limite ici à la pourriture grise, d'autres pathogènes de la vigne auraient pu être pris en compte. Comme il l'a déjà été évoqué plus haut, l'effeuillage précoce a aussi un effet prophylactique sur l'oïdium certes moindre mais non négligeable. Bien que l'année 2016 n'a pas été une année propice aux essais sur oïdium, les essais du Comité Champagne en 2015 ont montré un gain d'efficacité biologique croissant avec le nombre de faces effeuillées. Un dispositif en réseau pourrait donc être reconduit dans cette perspective.

L'effeuillage précoce représente aussi une voie à explorer quant au contrôle d'autres pathogènes de la vigne tel que la pourriture acide (Gudo, 2014 dans Verdenal et al., 2015). Duncan et al soulignent « une interaction significative entre la dose de produit appliqué et l'effeuillage envers l'infection par la pourriture acide au moment de la vendange » [Notre traduction] (1995). Dans un contexte d'impasse technique, l'effeuillage précoce pourrait aussi s'avérer intéressant face à des ravageurs émergents tel que la drosophile *Suzukii* (Monget et al., 2016).



*Figure 32 : Effeuilleuse Freilauber*

Sur la gauche, les ventilateurs centrifuges soufflent vers les rouleaux à droite. Deux paires de rouleaux sont constituées de flexible d'hydraulique associées en faisceaux.

## F. Les réglages

L'objectif final du projet entrepris par le Comité Champagne implique la rédaction de fiches pratiques à destination des viticulteurs. Ces fiches incluront entre autre des conseils de réglage. On peut supposer que des réglages déjà éprouvés dans un contexte de production sont plus robustes que s'ils avaient été restreints à une situation ponctuelle. L'expérience de l'opérateur sur plusieurs années peut être vue comme un certain gage de répétition.

Les effeuilleuses à rouleaux comportent des réglages prévu par les constructeurs mais qui sont peu ou pas exploités par les opérateurs. De plus la modulation du débit de l'alimentation hydraulique affecte le régime des rouleaux et du ventilateur. La mesure précise de ces deux paramètres peut être une voie d'amélioration pour de nouveaux essais de réglages.

## G. Les effeuilleuses

Le constructeur Freilauber prépare actuellement en partenariat avec le concessionnaire champenois Ravillon l'arrivée sur le marché de son dernier modèle d'effeuilleuse. C'est un modèle à rouleaux dont la conception est tout à fait innovante (un ventilateur en opposition souffle les feuilles vers deux paires de rouleaux chacun composés de six éléments rugueux) pourrait peut-être offrir des performances inédites à définir (Fig. 32).



# CONCLUSION

---

L'enquête et les essais mis en place ici s'inscrivent bien dans une démarche de développement de l'effeuillage. Les résultats ont permis de démontrer que les préjudices de l'effeuillage précoce sont minimes voir nuls tout en permettant une bonne efficacité biologique contre la pourriture grise. Parmi la diversité des réglages possibles l'enquête a permis d'identifier les plus importants et les essais ont permis de les caractériser au moins partiellement.

L'estimation du taux d'effeuillage concorde avec la littérature pour 11 des modalités du réseau. Les autres modalités semblent avoir subi plusieurs biais. Cependant une estimation visuelle complémentaire (certes plus relative) a permis de valider le taux d'effeuillage pour un total de 19 modalités. Au vu des contraintes logistiques rencontrées ici, un dispositif dont les sites seraient plus proches (ou du moins plus regroupés entre eux) et moins nombreux permettrait de réduire le délai avant le passage du Greenseeker mais aussi d'intervenir plus souvent. Cela permettrait d'effectuer un passage en amont pour s'assurer de l'homogénéité des parcelles en termes d'expression végétative. Idéalement une cinétique du taux d'effeuillage permettrait de quantifier un éventuel recouvrement des grappes par les entre-cœurs. Un tel dispositif permettrait aussi la caractérisation plus précise des réglages et de leur incidence.

Le taux de pourriture est toujours réduit de manière significative. Bien que l'effeuillage précoce permette une réduction importante du Botrytis, il ne permet pas d'avoir le contrôle total. D'autres leviers complémentaires doivent donc être mis en œuvre pour satisfaire l'objectif d'une vendange la plus saine possible.

Bien que le comptage des blessures lors d'effeuillages pneumatiques puissent afficher des taux importants, l'étude a révélé une incidence négligeable en requalifiant le terme de « blessure » par le celui de « marquage ». Conformément à la littérature, les essais ont montré que dans le contexte proposé l'effeuillage précoce n'a aucune incidence néfaste sur la maturité des raisins destinés à l'élaboration du Champagne. L'effeuillage n'accroît pas la sensibilité de la vigne à l'échaudage sur la face exposée au soleil levant, face qui y est déjà peu ou pas sensible. L'étude lève donc ici plusieurs des freins majeurs en démontrant dans une variété de situations que l'on obtient significativement une efficacité biologique sans conséquences néfastes pour la vendange.

Aucune vitesse d'avancement n'est préférentielle, ce choix revient donc à l'opérateur selon sa situation. Cependant les vitesses pratiquées sont le plus souvent entre 3 et 4 km/h. Pour les effeuilleuses pneumatiques vient ensuite le choix des buses, de la pression manométrique et éventuellement de la hauteur d'effeuillage. Une gamme de pression a été mise en avant selon les modèles d'effeuilleuses. Les autres paramètres sont souvent mal maîtrisés par les opérateurs ce pourquoi ils y attachent moins d'importance. L'enquête et les essais mis en place cette année mènent à la conclusion qu'un réglage prédéfini a peu de chance d'être adapté. La méthode des opérateurs les plus expérimentés consistant à moduler le réglage de l'année précédente pour obtenir des grappes visuellement bien dégagées est validé.

Bien que le dispositif en réseau ne permette pas de conclure précisément en matière de réglages et de performances des effeuilleuses, il reste néanmoins pertinent au vu des objectifs fixés. Il a permis de faire un état des lieux relativement exhaustifs de la diversité des pratiques de l'effeuillage précoce et d'ouvrir la voie vers des pistes de réflexions plus ciblées.

Il n'y a nuls doutes que les données accumulées par le travail présenté ici constituent un matériel de base qui entre autres permettra la rédaction de fiches pratiques et de préconisations contribuant à la démocratiser l'effeuillage précoce en Champagne.





## Bibliographie

- Austin, Craig N., et Wayne F. Wilcox. «Effects of Fruit-Zone Leaf Removal, Training Systems, and Irrigation on the Development of Grapevine Powdery Mildew.» (*American Journal of Enology and Viticulture*) 62, n° 2 (Fevrier 2011): 193-198.
- Bazerolle, Benoît, et Jérémie Nobs. «L'effeuillage mécanique.» *Mise en oeuvre - Résultats des essais 2013*. Chambre d'Agriculture Côte-d'Or, 2013.
- Bidault, Jean-Marie, Pierre Mackiewicz, Marc Raynal, Eric Serrano, et Claude Vernet. *Les cahiers itinéraire d'ITV France - l'effeuillage de la vigne*. Vol. 1. Institut Française de la Vigne et du Vin, 2001.
- Binger Seilzug. «Effeulleuse unilatérale EB 490 / EB 350.» *Instructions de service*. Bingen: Binger Seilzug GmbH & Co. KG, Janvier 2010.
- «Botrytis : Essai effeuillage et préconisations.» Chambre d'Agriculture Côte d'Or - Yonne (service vigne et vin), 2015.
- Charrier, Frédéric. «L'effeuillage : incidence de l'éclaircissement des grappes sur le potentiel aromatique des raisins et des vins blancs.» *Le fruit dans le vin* (IFV Pôle Sud-Ouest), Décembre 2006: 11-13.
- Chellemi, Daniel O., et J. J. Marois. «Influence of Leaf Removal, Fungicide Applications, and Fruit Maturity on Incidence and Severity of Grape Powdery Mildew.» (*American Journal of Enology and Viticulture*) 43 (Janvier 1992): 53-57.
- Chellemi, Daniel, et James Marois. «Influence of Leaf Removal, Fungicide Applications, and Fruit Maturity on Incidence and Severity of Grape Powdery Mildew.» *American Journal of Enology and Viticulture* (*American Journal of Oenology and Viticulture*) 43, n° 1 (1992): 53-57.
- Collard, Ets. «L'effeuillage précoce.» Bouzy: Ets COLLARD, 2016.
- De Charrière, Frédéric. *Recherches sur le couvent de Romainmotier et ses possessions*. Lausanne: Société d'histoire de la Suisse Romande, 1841.
- Debuisson, Sébastien, Mathieu Grelier, et Panigai Laurent. «Mesure de la végétation avec un capteur NDVI embarqué.» *Le Vigneron Champenois* (Comité Champagne (CIVC)), Décembre 2009: 52-71.
- Descotes, Arnaud, Dominique Moncomble, Laurent Panigai, Christelle Rinvill, et Bruno Duron. «La pourriture grise en 1994.» *Le Vigneron Champenois* (Comité Champagne (CIVC)) 6 (Juin 1995): 21-20.
- Descotes, Arnaud, et Dominique Moncomble. «Effeillage mécanique précoce de la vigne - Bilan des travaux réalisés en 1996.» *Le Vigneron Champenois* (Comité Champagne (CIVC)), Septembre 1997: 6-15.
- Diago, Maria P., Mar Vilanova, et Javier Tardaguila. «Effects of Timing of Manual and Mechanical Early Defoliation on the Aroma of *Vitis vinifera* L. Tempranillo Wine.» (*American Journal of Enology and Viticulture*) 61 (Septembre 2010): 382-391.



- Dufourcq, Thierry, Christophe Gaviglio, Marc Raynal, Frédéric Charrier, et Eric Serrano. «Effeuilage de la vigne : intérêts pour la qualité du raisin et mécanisation.» (Institut Française de la Vigne et du Vin), n° 20 (2009).
- Eichhorn, K. W., et D. H. Lorenz. «Phänologische Entwicklungsstadien der Rebe. Nachrichtenbl.» (Deutsche Pflanzenschutztagung) 29 (s.d.): 119-120.
- English, J. T., M. L. Kaps, J. F. Moore, J. Hill, et M. Nakova. «Leaf removal for control of Botrytis bunch rot of wine grapes in the midwestern United States.» (Plant Disease) 77 (1993): 1224-1227.
- Fermaud, M, P Pieri, et J.M Liminana. «Botrytis et microclimat : Propagation de Botrytis cinerea dans les grappes de raisin en conditions climatiques contrôlées.» *Phytoma*, 2001: 40-44.
- Gallay, Maurice, Henri Sabourin, et René Sirventon. Effeulleuse mécanique à air comprimé. Éd. Office européen des brevets. France Brevet 2 289 112. 28 Mai 1976.
- Gatti, M., et al. «Interactions of summer pruning techniques and vine performance in the white Vitis vinifera cv. Ortrugo.» (Australian Journal of Grape and Wine Research) 21 (2015): 80-89.
- Gaviglio, Christophe. «Lettre d'actualité.» *Banc d'essai Effeulleuses 2007*. Vol. 33. IFV Pôle Sud-Ouest, 2008.
- Greer, D. H., S. Y. Rogiers, et C. C. Steel. «Susceptibility of Chardonnay grapes to sunburn.» (Vitis) 45, n° 3 (2006): 147-148.
- Gubler, W. D., L. J. Bettiga, et D. Heil. «Comparisons of Hand and Machine Leaf Removal for the Control of Botrytis Bunch Rot.» (American Journal of Enology and Viticulture) 42, n° 3 (1991).
- Hofmann, R. W., B. R. Jordan, C. S. Winefield, S. A. Stilwell, J. R. Shinkle, et J. J. Wargent. «UV radiation in New Zeland: implication for grape quality.» (National Institute of Water & Atmospheric Research) 2006.
- Hulands, S., D. H. Greer, et D. J. Harper. «The Interactive Effects of Temperature and Light Intensity on Vitis vinifera cv. 'Semillon' Grapevines. II. Berry Ripening and Susceptibility to Sunburn at Harvest.» (European Journal of Horticultur Science) 79, n° 1 (2014): 1-7.
- Keller, M., S. Y. Rogiers, et H. R. Schultz. «Nitrogen and ultraviolet radiation modify grapevines' susceptibility to powdery mildew.» (Journal Grapevine Research) 42, n° 2 (2003).
- Koblet, W. «Effectiveness of shoot topping and leaf removal as a means of improving quality.» (Acta Horticulturae) 206 (1987): 141-156.
- Komm, Brittany L., et Michelle M. Moyer. «Effect of Early Fruit-Zone Leaf Removal on Canopy Development and Fruit Quality in Riesling and Sauvignon blanc.» (American Journal of Enology and Viticulture) 66 (Septembre 2015): 424-434.
- Laveau, Etienne. «Effeuilage : c'est comme les antibiotiques, c'est pas systématqie.» Blanquefort: Chambre d'Agriculture de la Gironde, 16 Juin 2006.
- Learmonth, Robert, et Ursula Kennedy. «Addressing fruit exposure and sunburn in Queensland wine grape vineyards.» (Queensland Wine Industry Association ) Fevrier 2011.



- Lewandowski, Jérôme. *De nouveaux indicateurs foliaires pour adapter l'expression des doses d'emploi des produits phytosanitaires en viticulture ? Le cas du vignoble champenois*. Dijon: Agrosup Dijon, 2016, 65.
- Maigre, D. «Défeuillage et éclaircissement des grappes en viticulture. Essai sur Chasselas dans le bassin lémanique - 2. Influence sur la qualité du raisin et du vin.» (Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture) 36, n° 4 (2004): 223-229.
- Monget, Christophe, Marie-Laure Panon, Marie-Pierre Vacavant, et Sébastien Debuisson. «L'effeuillage précoce en Champagne - Etat des lieux de la pratique et du parc matériel.» Édité par Comité Champagne (CIVC). *Le Vigneron Champenois*, Mai 2016: 32-39.
- Panigai, Laurent, et Arnaud Descotes. «Raisins échaudés.» *Le Vigneron Champenois* (Comité Champagne (CIVC)) 9 (Septembre 1994): 32.
- Percival, D. C., K. H. Fisher, et J. A. Sullivan. «Use of Fruit Zone Leaf Removal With *Vitis vinifera* L. cv. Riesling Grapevines. II. Effect on Fruit Composition, Yield, and Occurrence of Bunch Rot (*Botrytis cinerea* Pers.:Fr.)» (American Journal of Enology and Viticulture) 42, n° 2 (Janvier 1994): 133-140.
- Petgen, Matthias. «Dégâts sur le raisin dus aux brûlures du soleil.» (Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau) 8 (2008): 5-8.
- Pieroth, Armin, et Udo Pieroth. Dispositif d'effeuillage, notamment pour la vigne. Éd. Office allemand des brevets et des marques. Allemagne Brevet DE10340231 B4. 27 mai 2010.
- «Plan ECOPHYTO II.» Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt; Ministère de l'Ecologie de Développement durable et de l'Energie, 20 Octobre 2015.
- Protechni. «ECOJET.» *Effeueilleuse poly-pneumatique pour tracteur enjambeur*. Saint Louis de Montferrand: Ets PROTECHNI, 2016.
- Provitis. «Notice d'instruction.» *Effeueilleuse LR350*. Sainte Croix en Plaine: EUROVITI, Septembre 2010.
- Raynal, Marc, et Emmanuel Vinsonneau. «Effeuilage : technique et équipements - Synthèse de 10 années d'essais.» (IFV Bordeaux-Aquitaine) 28 (Mai 2007).
- Reyes, Alvaro. *Efficacité de l'effeuillage précoce sur l'état sanitaire de la vigne*. Montpellier: Montpellier SupAgro, 2016.
- Rinklin, Willy. «Betriebsanleitung.» *Entlauber Typ EL 50*. CLEMENS, 2011.
- Rustioni, Laura, Clara Milani, Simone Parisi, et Osvaldo Failla. «Chlorophyll role in berry sunburn symptoms studied in differentgrape (*Vitis vinifera* L.) cultivars.» (Scientia Horticulturae) 185 (2015): 145-150.
- Semichon, L., et M. Flanzy. «Le dosage chimique de l'alcool.» (Annales des Falsifications et Fraudes) 23, n° 5 (1930).
- Serrano, Eric. «L'effeuillage de la vigne : synthèse de quatre années d'études menées en Midi-Pyrénées.» (IFV Pôle Sud-Ouest) 2001.
- Serrano, Eric, et Alain Carbonneau. «Etude de l'impacte de l'effeuillage sur la qualité de la vendange et sur le developpement de la plante.» Lisle: IFV Pôle Sud-Ouest, 2000.



- Serrano, Eric, et Bernard Fage. «Impacte de l'effeuillage sur qualité vendange et sur le développement de la plante.» *la grappe d'Autan*, Aout 1997: 9-12.
- Smith, Steve, Ian C. Codrington, Mark Robertson, et Richard E. Smart. «Viticulural and oenological implications of leaf removal for new Zealand vineyards.» *Second International Cool Climate Viticulture and Oenology Symposium*. Auckland, 1988.
- Staff, S. L., D. C. Percival, J. A. Sullivan, et K. H. Fisher. «Fruit zone leaf removal influences vegetative, yield, disease, fruit composition, and wine sensory attributes of *Vitis vinifera* L. 'Optima' and 'Cabernet franc' .» (*Canadian Journal of Plant Science*) 77 (1997): 149-153.
- Stapleton, James J., William W. Barnett, James J. Marois, et W. Douglas Gubler. «Leaf removal for pest management in wine grapes.» (*California Agriculture*) 44, n° 5 (Septembre-Octobre 1990): 15-17.
- Tarara, Julie, et Sara Spayd. «Tackling sunburn in red wine grapes.» (*Good Fruit Grower*) Avril 2005.
- Tardaguila, Javier, Fernando Martinez de Toda, Stephano Poni, et Maria P. Diago. «Impact of Early Leaf Removal on Yield and Fruit and Wine Composition of *Vitis vinifera* L. Graciano and Carignan.» (*American Journal of Enology and Viticulture*) 61 (Septembre 2010): 372-381.
- Verdenal, Thibaut. «Le temps des effeuilles est arrivé.» *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* (Agroscope), 2013: 145.
- . «L'effeuillage de la vigne.» Agroscope, Mai 2015.
- Vigne, Pôle Technique et Environnement - Service. «L'effeuillage en Champagne - Focus sur l'effeuillage précoce.» Epernay: Comité Champagne (CIVC), 15 Janvier 2016.
- Willocquet, L., D. Colombet, M. Rougier, J. Fargues, et M. Clerjeau. «Effects of radiation, especially ultraviolet B, on conidial germination and mycelial growth of grape powdery mildew.» (*European Journal of Plant Pathology*) 102 (1996): 441-449.
- Zahavi, Tirtza, Moshe Reuveni, Dimitri Scheglov, et Shimon Lavee. «Effect of Grapevine Training Systems on Development of Powdery Mildew.» (*European Journal of Plant Pathology*) 107, n° 5 (Juin 2001): 495-501.
- Zoecklein, B. W., T. K. Wolf, N. W. Duncan, J. M. Judge, et M. K. Cook. «Effects of Fruit Zone Leaf Removal on Yield, Fruit Composition, and Fruit Rot Incidence of Chardonnay and White Riesling (*Vitis vinifera* L.) Grapes.» (*American Journal of Enology and Viticulture*) 43, n° 2 (Janvier 1992): 139-148.

## SITOGRAPHIE

Site du Comité Champagne : <http://www.champagne.fr/fr/presse/mediatheque?open=179>

Site du constructeur AWS Stockmayer : <http://www.entlauber.de/entlauber.php?lg= fr>





TABLE DES ANNEXES

**ANNEXE 1 : FICHE OPERATEUR ET REGLAGES..... 73**  
**ANNEXE 2 : Comptages des blessures et réduction du taux de pourriture ..... 79**



## ANNEXE 1 : FICHE OPERATEUR ET REGLAGES

<b>Opérateur</b>	
Nom de l'opérateur	
Date de la visite	
Date de l'effeuillage	
Nom et adresse de l'exploitation	
Localisation de la parcelle	<b>voir plan d'accès ci-joint</b>
Localisation de l'essai	<b>voir plan de l'essai ci-joint</b>
Depuis quand l'opérateur pratique l'effeuillage précoce ?	
Quelles sont les motivations de l'opérateur ?	
Comment l'opérateur définit-il un bon effeuillage ? (orientation, ombre, autre)	
Comment l'opérateur définit-il la face à effeuiller ?	
Nombre de faces effeuillées et exposition (couchant/levant)	
Depuis que vous pratiquez l'effeuillage précoce, avez-vous un souvenir particulier d'échaudage ?	
Quel est votre consommation de fuel ? (si possible en L/h ou L/ha)	
Remarquez-vous des différences pratiques entre un effeuillage effectué le matin ou l'après-midi ?	
Contraintes d'utilisations particulières <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place (attelage, réglage)</li> <li>• Conduite (difficultés à être précis, concentration)</li> <li>• Entretien (encrassement, pièce d'usures, pannes fréquentes, (dés)hivernage)</li> <li>• Stockage (encombrement)</li> </ul>	
Atouts	



Idées de voies d'amélioration	
Attitude générale	

<b>Conditions d'effeuillage</b>	
Stade phénologique	
Expression végétative (faible, moyenne, forte)	
Cépage	
Type de taille	
Feuillage humide (oui/non)	
Etat du terrain (ornières, devers, etc...)	
Autres remarques	

<b>Caractéristiques générales</b>	
Modèle du tracteur	
Modèle de l'effeuilleuse	
Année de sortie d'usine (plaque d'usine)	
Nombre total de têtes	
Type de tête	
Nom et caractéristiques du surpresseur	
Nom et caractéristiques de l'entraînement (moteur)	
Niveau sonore (dB) intérieur/extérieur	
Autres éléments/options	



<b>Réglages</b>	
Vitesse d'avancement (km/h)	
Hauteur de l'élément d'effeuillage (cm)	
Vitesse des tourniquets (tr/mn)	
Type et diamètre des buses (mm)	
Pression (gr ; bar) et localisation de la prise de mesure	
Débit et pression d'huile (l/mn ; bar ; potentiomètre)	
Régime du tracteur (tr/mn)	
Positionnement particulier de la tête d'effeuillage :	
Hauteur « tête – sol »	
Appui sur la végétation du parallélogramme / palpeur	
Vitesse de la turbine (régime en tr/mn ou vitesse du refoulement en km/h)	
Ecartement des skis (cm)	
Adhérence du rouleau d'arrachement / « crantage » du rouleau (cm) <b>(provisis)</b>	
Angle d'attaque (cm) <b>(provisis)</b>	





## ANNEXE 2 : Comptages des blessures et réduction du taux de pourriture

site	modalité	fréquence blessures	intensité blessures	Réduction fréquence pourriture	Réduction intensité pourriture
2	rouge (levant)	20%	0,9%		
2	vert (couchant)	6%	0,7%		
2	vert-jaune (couchant)	25%	0,9%		
2	rouge-bleu (couchant)	25%	1,2%		
2	noir (couchant)	13%	0,6%		
2	orange-vert (levant)	42%	1,5%		
2	orange (couchant)	12%	0,5%		
2	bleu (couchant)	17%	0,7%		
3	effeuillé (PN)	34%	0,7%	52	82
3	effeuillé (MN)	30%	0,8%	75	82
4	bleu	58%	5,0%	20	50
4	vert	58%	4,2%		
4	rouge	54%	4,5%		
4	orange	38%	2,3%		
5		50%	2,9%	67,5	71,5
6	effeuillé parcelle sud	71%	1,8%	65	33
7	effeuillé	4%			
8	effeuillé	64%	3,9%		
9	11e ligne	12%			
9	8e ligne	12%			
9	15e ligne	8%			
10	effeuillé orange	17%	1,7%		
10	effeuillé bleu	20%	0,7%		
11	effeuillé	17%	0,6%		
12	effeuillé	5%	0,6%	56	60
13	effeuillé vert	56%	1,8%	18	0
13	effeuillé rouge	78%	3,3%	82	88
14	blanc (levant)	17%	0,8%	0	8
14	orange (levant)			19	36
14	bleu				
14	vert-blanc				
14	marron	52%	2,1%		
15	effeuillé	3%	0,3%	8	29
17	rouge	7%	0,1%		
18	effeuillé non traité	9%	0,4%	26	48

## L'effeuillage précoce : Quels leviers pour son développement en Champagne ?

Résumé :

Dans le contexte actuel de réduction des intrants phytosanitaires imposé par le plan ECOPHYTO II, le développement de l'effeuillage précoce trouve parfaitement sa place en permettant de réduire l'usage de fongicides, en particulier contre la pourriture grise. Face à un contexte climatique contraignant, le nombre non négligeable d'effeuilleuses déjà présentes en Champagne offre alors l'opportunité de développer une telle pratique. Le Comité Champagne s'est donc fixé pour mission d'encourager cette pratique en levant les freins à son développement. Il s'agit là d'identifier les qualités et les réglages les mieux adaptés de chaque type d'effeuilleuse afin de pouvoir émettre ultérieurement des préconisations. Il s'agit aussi de s'assurer que l'effeuillage précoce ne compromet pas la vendange en occasionnant des blessures au raisin, en augmentant le risque d'échaudage ou en dépréciant la maturité.

Ainsi en 2016 un réseau d'essai a été mis en place sur 18 sites à travers la Champagne. Un « essai bande » a été mis en place sur chaque site afin d'identifier les réglages les mieux adaptés en fonction du taux d'effeuillage, du taux de blessure et le taux de pourriture. La maturité a été contrôlée sur la base du poids de 200 baies, le degré potentiel et l'acidité totale. Une enquête a aussi été réalisée auprès des viticulteurs du réseau afin de rassembler des informations complémentaires.

Dans l'ensemble aucun effet clairement négatif n'a été constaté que ce soit concernant l'échaudage, les blessures sur grappe ou la maturité. Le taux de pourriture est significativement inférieur pour les modalités effeuillées. Malgré différents biais rencontrés, le taux d'effeuillage a été validé pour une majorité des modalités. L'enquête a permis d'identifier les éléments de réglage les plus pertinents et de valider la pratique des opérateurs les plus expérimentés. Ainsi, le réseau a permis de faire la lumière sur l'effeuillage précoce en levant la plus part des freins et en accumulant des d'informations disposées à alimenter une base de préconisations.

Mots-clés : Effeuillage précoce, effeuilleuse, pourriture grise, Botrytis, échaudage, Champagne.

## Early leaf removal: What levers for its development in the Champagne vineyard ?

Abstract :

In the current context of pesticides reduction which is imposed by the ECOPHYTO II plan, the development of early leaf removal carve out a place by reducing fungicides used, especially against bunch rot. Facing a difficult climatic context, the substantial number of leaf removers already present in Champagne gives the opportunity to develop such a technique. The Champagne Committee established the goal to stimulate leaf removing by lifting the impediments to its development. It aims to identify the good points and the most suited settings of each type of leaf removers to provide recommendations later on. It is also about checking that leaf removal do not compromised crop of grapes by causing injuries to the grapes, increasing risks of sunburn or by depreciate ripeness.

Thus a network has been established in 2016 on 18 locations throughout the Champagne vineyard. "Strip trials" has established on each location to identify the most suited settings according to the leaf removal ratio, the injury rate and the decay rate. The ripeness was checked on the basis of the weight of 200 berries, the potential alcohol level and the total acidity titratable acidity. A survey was also conducted among all the winegrowers.

Generally no negative effects have been found whether they be sunburn, injuries to the grapes or ripeness differences. The decay rate is significantly lower for the vines which leaves have been removed. Despite several biases, the leaf removal ratio has been confirmed for most of the levels. The survey identified the most relevant settings and to confirmed the practices of the most experienced winegrowers. In this way, the network enabled to shed light on early leaf removal by lifting major impediments and collecting data which can be used to provide recommendations.

Keywords : Early leaf removal, leaf remover, bunch rot, Botrytis, sunburn, Champagne.