

Exposition des tailleurs aux vibrations main-bras en viticulture

■ Dossier technique : Étude MSA 2012/2015





1. Rappel de la réglementation	5
2. Données d'origine	5
3. Objectifs	6
4. Hypothèses de travail	6
4.1 Premières hypothèses d'étude	6
4.2 Hypothèses complémentaires	7
5. Méthodologie de mesure	7
5.1 Détection des vibrations	7
5.2 Evaluation de l'exposition aux vibrations	8
5.3 Calcul de l'exposition quotidienne aux vibrations	8
6. Hypothèses et analyses	9
6.1 Les sécateurs pneumatiques et électriques	9
6.1.1 Sécateurs pneumatiques	9
6.1.2 Sécateurs électriques	10
6.1.3 Comparaison pneumatique et électrique	11
6.2 Caractéristiques vibratoires et marque de sécateur.	12
6.3 Affilage des lames et niveau d'exposition aux vibrations	12
6.4 Dureté des bois et Diamètre des coupes.	13
6.4.1 Résistance au cisaillement	13
6.4.2 Diamètre des coupes	12
6.5 Angle d'affûtage et niveau d'exposition aux vibrations.	14
6.6 Caractéristiques vibratoires et entretien	15
6.7 Mode de conduite et niveau d'exposition aux vibrations.	16
6.7.1 Mode de conduite de la taille	16
6.7.2 Cadence de taille et exposition	17
6.8 Niveau d'exposition aux vibrations et technicité.	17
6.8.1 Tailleurs et niveau d'exposition aux vibrations	17
6.8.2 Technicité et niveau exposition aux vibrations	21
7. Équipe de taille et exposition	24
7.1 Niveau d'exposition en équipe de taille.	24
7.2 Niveau d'exposition en viticulture	27
8. Méthode d'évaluation et discussions	27
8.1 Méthode d'évaluation du risque vibratoire	27
8.2 Discussions	28
9. Conclusions	31

PROBLÉMATIQUES ET CONSTRUCTION DE L'ÉTUDE

ANNEXE 1	31
ANNEXE 2	32
ANNEXE 3	33
ANNEXE 4	34/35
ANNEXE 5	36
ANNEXE 6	37
ANNEXE 7	38
ANNEXE 8	39
ANNEXE 9	40
ANNEXE 10	41
ANNEXE 11	42
ANNEXE 12	43
ANNEXE 13	44
ANNEXE 14	45
ANNEXE 15	46
REMERCIEMENTS	47

1. Rappel de la réglementation

À la suite de la directive cadre 89/391/CE relative à la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs, la directive 2002/44/CE, demande d'évaluer l'exposition aux vibrations mécaniques des travailleurs.

Le décret 2005-746 du 4 juillet 2005 fixe valeurs d'exposition « déclenchant l'action » (au-delà desquelles l'employeur doit prendre des mesures de prévention) :

- Pour les vibrations transmises au système main-bras, la valeur limite d'exposition journalière normalisée à une période de référence de 8 heures est fixée à 5 m/s² et la valeur d'exposition journalière normalisée à une période de référence de 8 heures déclenchant l'action est fixée à 2,5 m/s².

- Pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps, la valeur limite d'exposition journalière normalisée à une période de référence de 8 heures est fixée à 1,15 m/s² et la valeur d'exposition journalière normalisée à une période de référence de 8 heures déclenchant l'action est fixée à 0,5 m/s².

Lors de l'évaluation des risques, l'employeur estime et, si nécessaire, mesure les niveaux de vibrations mécaniques auxquels les travailleurs sont exposés en fonction des paramètres suivants :

- le niveau, le type et la durée d'exposition, y compris toute exposition à des vibrations intermittentes ou à des chocs répétés,
- les valeurs limites d'exposition et les valeurs d'exposition déclenchant l'action,
- les conditions de travail particulières (basses températures, humidité,...).

2. Données d'origine

Les MSA Provence-Azur et Alpes-Vaucluse ont réalisé dans un premier temps des mesures de vibrations mécaniques sur des sècheurs électriques.

Marque	Type	Année	Etat	Poids	Valeurs déclarées
ELECTROCOUP	3002 F	2004	usagé		Non communiquée
PELLENC	LIXION	2011	neuf	783 g	< 2,5 m/s ²

Pour les vibrations, les valeurs déclarées par les constructeurs sont des valeurs normalisées. Lors des mesures réalisées pour les MSA, la société Vibr'action a équipé de capteurs tri axiaux les sècheurs lors de l'activité réelle de taille. Les capteurs sont fixés rigidement sur le boîtier du sècheur.

Résultats des mesures

Accélération pondérée

Marque	Type	Année	ahwx (m/s ²)	ahwy (m/s ²)	ahwz (m/s ²)	ahv (m/s ²)
ELECTROCOUP	3002 F	2004	1,96	1,42	1,46	2,83
PELLENC	LIXION	2011	1,59	0,85	1,24	2,18

Valeur A(8)

Marque	Type	ahv (m/s ²)	5 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	8 heures d'exposition A(8) m/s ²
ELECTROCOUP	3002 F	2,83	1,99	2,44	2,64	2,83
PELLENC	LIXION	2,18	1,39	1,52	1,65	2,18

Expositions vibratoires A(8) calculées sur la poignée des sècheurs (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

Les résultats diffèrent d'un outil à l'autre mais les mesures ont été faites sans protocole précis et identique, avec des outils de marques, de générations et d'états variés. De même, les cépages étaient différents et aucune mesure de résistance au cisaillement, de diamètre des bois ou des coupes n'a été effectuée.

Ces deux mesures montrent une variabilité du niveau d'exposition aux vibrations ainsi que la difficulté pour un employeur d'évaluer le niveau d'exposition de ses salariés avec une seule mesure. Avec ces deux mesures, on ne peut évaluer de manière pertinente le niveau d'exposition des tailleurs et aucune recommandation pour les employeurs ne peut être éditée.

3. Objectifs

L'évaluation du risque vibratoire est complexe. La littérature et les mesures réalisées montrent une forte variabilité et les seules indications du niveau d'émission des machines ne peuvent suffire pour évaluer un niveau représentatif d'exposition des salariés lors de la taille de la vigne. Pour mieux comprendre le paramètre vibratoire lors de l'utilisation de sécateurs assistés, nous avons construit l'étude autour de quatre objectifs prioritaires :

- Améliorer la protection des travailleurs contre les risques liés à une exposition aux vibrations mécaniques, grâce à une meilleure connaissance des différents paramètres influant le niveau d'exposition aux vibrations.
- Aider les employeurs agricoles dans l'évaluation du risque vibratoire en leur fournissant des éléments factuels sur les outils utilisés dans les conditions de travail habituelles.
- Elaborer des documents pour la diffusion de prescriptions d'utilisation, d'entretien des outils auprès des exploitants et salariés de l'agriculture.
- Renforcer le module affûtage et affilage en intégrant le risque vibratoire pour améliorer la prévention des troubles musculo-squelettiques.

4. Hypothèses de travail

L'exposition aux vibrations mécaniques main-bras lors de la taille semble soumise à plusieurs facteurs. L'étude a été construite autour de quatre hypothèses qui ont été complétées après les premières campagnes de mesure. Nous avons réalisé des séries de mesures en situations de travail lors de la taille en faisant varier différents paramètres

4.1 Premières hypothèses d'étude

Dans un premier temps, en fonction des connaissances sur l'exposition aux vibrations main bras, des connaissances de l'activité de taille en viticulture et la rencontre de tailleurs, nous avons posé quatre hypothèses de travail :

*** HYPOTHÈSE N°1 :** Les sécateurs électriques et pneumatiques diffèrent en termes d'émission de vibration mécanique.

L'impression au niveau du système main-bras est différente. La rotation du moteur électrique entraîne une légère torsion du poignet alors que le déclenchement du piston du matériel pneumatique est fortement ressenti par l'utilisateur.

*** HYPOTHÈSE N°2 :** Les sécateurs électriques ont des caractéristiques vibratoires identiques quelque soit la marque.

Pour les utilisateurs, il n'y a pas de différence flagrante d'un modèle à l'autre, d'une marque à l'autre. Les différences portent sur l'ergonomie, la prise en main, le poids, le portage de la batterie, la puissance de coupe ...

*** HYPOTHÈSE N°3 :** L'affilage des lames a un impact sur le niveau d'exposition aux vibrations lors de l'activité de taille.

L'étude réalisée par les MSA du Rhône et de Saône et Loire, montre que l'affilage joue un rôle important sur la puissance musculaire nécessaire pour la coupe des bois de vigne avec des outils assistés. Il pourrait en être de même pour les caractéristiques vibratoires.

*** HYPOTHÈSE N°4 :** Le diamètre et la dureté des bois influencent de manière significative le niveau d'exposition aux vibrations.

Aux dires des professionnels, suivant le cépage et la vigueur de la végétation, les vignes sont plus ou moins faciles à tailler.

4.2 Hypothèses complémentaires

Après une première saison de mesures et la vérification ou non des hypothèses initiales, nous avons élaboré de nouvelles hypothèses pour vérifier nos premiers résultats et prendre en compte les nouveaux facteurs de variations qui sont apparus aux cours de la première campagne de mesures.

*** HYPOTHÈSE N°5 :** L'angle d'affûtage de la lame influence le niveau d'exposition aux vibrations.

Les lames des sécateurs n'ont pas toutes le même angle d'affûtage. Lors des mesures, le niveau d'exposition aux vibrations varie différemment en fonction des marques et des situations de travail.

*** HYPOTHÈSE N°6 :** Les caractéristiques vibratoires des sécateurs se modifient au cours de la saison en fonction de l'entretien journalier (affilage, affûtage, graissage, changement de lame...).

L'affilage joue un rôle sur le maintien des caractéristiques vibratoires des outils, les autres paramètres d'entretien peuvent également modifier le niveau d'exposition aux vibrations main-bras.

*** HYPOTHÈSE N°7 :** Le mode de conduite de la taille influence le niveau d'exposition aux vibrations.

Si les vignes sont conduites en gobelet, en cordon de royat, palissées ou prétaillées, lors des mesures nous avons constaté un niveau d'exposition aux vibrations différent.

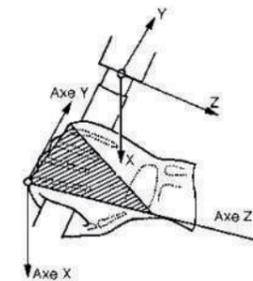
*** HYPOTHÈSE N°8 :** Il existe des différences de niveau d'exposition aux vibrations entre les tailleurs.

Pour une taille dans une même parcelle, avec un même sécateur, le niveau d'exposition aux vibrations est différent d'un tailleur à l'autre. Si la cadence de taille, le diamètre des coupes, jouent un rôle, d'autres paramètres interviennent.

5. Méthodologie de mesure

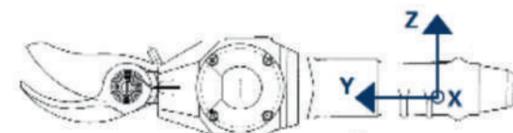
Les mesures ont été effectuées conformément à la norme EN ISO 5349-1 (avril 2001). Cette norme a servi de référence pour les calculs d'exposition quotidienne aux vibrations.

5.1 Détection des vibrations



Les vibrations sont détectées suivant trois directions orthogonales (X, Y, Z) au moyen d'un accéléromètre triaxial placé sur les poignées ou le corps de l'outil portatif.

Note : Les directions doivent être orthogonales et sont repérées par rapport aux axes principaux de la machine.



Orientation des capteurs sur les sécateurs (exemple)



Position du capteur sur la poignée du sécateur.

5.2 Evaluation de l'exposition aux vibrations

Pour chaque direction x, y et z, la valeur efficace de l'accélération pondérée en fréquence (a_{hw_x} , a_{hw_y} et a_{hw_z}) est mesurée et exprimée en mètre par seconde carrée (m/s^2).

La valeur totale de l'accélération pondérée a_{hv} est donnée par la formule :

$$a_{hv} = \left(a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2 \right)^{1/2}$$

où a_{hw_x} , a_{hw_y} et a_{hw_z} sont les valeurs efficaces des accélérations pondérées en fréquence exprimées en m/s^2 , suivant les directions x, y et z.

5.3 Calcul de l'exposition quotidienne aux vibrations

L'exposition quotidienne aux vibrations, notée $A(8)$ en m/s^2 , est obtenue à partir de l'amplitude des vibrations (valeur totale de vibrations) et de la durée d'exposition quotidienne. Si l'exposition quotidienne est calculée sur une période autre que 8 h, l'exposition peut être déterminée à partir de l'équation suivante

$$A(8) = \left[\frac{T}{T_0} \right]^{1/2} a_{hv}$$

où
 - a_{hv} est la valeur totale pondérée en fréquence (en m/s^2)
 - T_0 est la durée de référence de 8h (28800 s)
 - T est la durée réelle d'utilisation en heure

Si l'opération est telle que l'exposition journalière totale comprend plusieurs expositions à différentes accélérations totales pondérées en fréquence, l'accélération pondérée en fréquence peut être obtenue à partir de l'équation suivante :

$$A(8) = \left[\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i \right]^{1/2}$$

où
 - a_{hvi} est la valeur totale de vibration pour la i ème opération,
 - n est le nombre d'exposition partielle aux vibrations,
 - T_i est la durée de la i ème opération.

Les chaînes de mesure utilisées pour évaluer l'exposition vibratoire sont composées d'un accéléromètre triaxial de type vib@work fixé rigidement au plus près de la main de l'opérateur sur le corps du sécateur.

Les informations sont ensuite recueillies sur un ordinateur de type PC et traitées par le logiciel HA VIEWER.

Pour avoir un ensemble de mesures cohérent et significatif, nous avons effectué chaque mesure pendant 30 minutes lors des premiers essais. La taille de la vigne a été effectuée par des professionnels. Les tailleurs ont effectué le travail comme ils en ont l'habitude. Aucune consigne particulière de cadence ou technique ne leur a été donnée.

Rq : Pour les mesures réalisées en 2013, 2014 et 2015 le temps de mesure a été réduit. Il s'est avéré, à l'étude des premiers résultats que le niveau de vibration global (A8) était identique pour 10,20 ou 30 minutes de mesure dans les conditions de l'expérimentation.

MESURES ET ÉVALUATION DU NIVEAU D'EXPOSITION

6. Hypothèses et analyses

6.1 Les sécateurs pneumatiques et électriques

6.1.1 Sécateurs pneumatiques

Très rapidement, ce type de sécateurs s'est révélé très vibrant. Le niveau d'exposition aux vibrations étant important, nous avons réalisé un nombre moindre de mesures que prévu. Les sécateurs pneumatiques n'ont pas été testés dans toutes les situations prévues initialement.

Lors de ce test, tous les sécateurs pneumatiques testés dépassent potentiellement le seuil d'action. On enregistre même des valeurs au-delà de $7m/s^2$.



Le sécateur CAMPAGNOLA enregistre des valeurs de plus de $6m/s^2$. Cependant, c'est le seul sécateur qui n'était pas neuf, on peut penser que son usure (3 mois de taille) a peut-être déjà un impact.

Le sécateur LISAM Sly vibre beaucoup (entre 5 et $7 m/s^2$) mais compte tenu de sa conception et de la vigne à tailler, l'arbre qui actionne la lame vient en butée sur les piquets et les porteurs ce qui augmente fortement les chocs.

Le sécateur FELCO est le seul à posséder une seconde chambre pour amortir la course du piston en fin de mouvement. Ce dispositif semble avoir un impact positif sur le niveau de l'exposition aux vibrations des opérateurs.

Lors du test sur cépage plus dur, le sécateur FELCO vibre moins que lors des mesures dans un cépage avec une résistance au cisaillement plus faible. La pénétration plus lente de la lame et son ralentissement semble atténuer le niveau vibratoire notamment sur les axes x et y.

La conduite en « Royat » de la vigne en grenache présente un inconvénient pour le sécateur pneumatique. Le mode d'actionnement de la lame demande plus d'espace que pour un sécateur électrique. L'axe qui actionne la lame vient parfois buter sur la végétation voisine. Comme pour le sécateur LISAM Sly, ce paramètre semble augmenter le niveau d'émission aux vibrations.

Niveau d'émission de vibrations des sécateurs pneumatiques

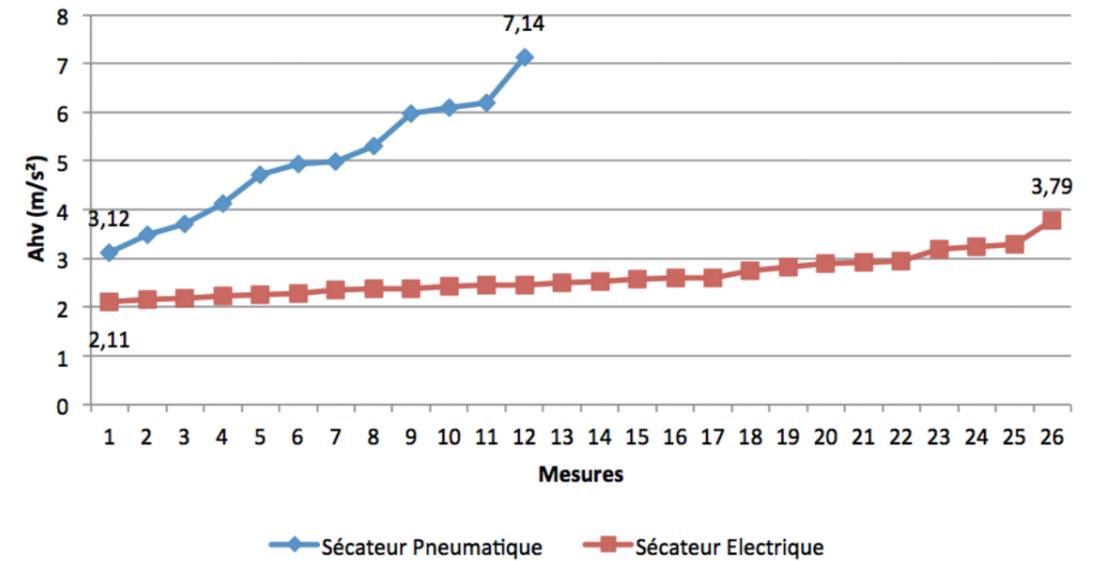
	Valeurs minimum a_{hv} (m/s^2)	Valeurs Maximum a_{hv} (m/s^2)	Valeurs Moyennes a_{hv} (m/s^2)
Tous sécateurs pneumatiques	3.12	7.14	4.98
Avec lame neuve	3.12	6.19	4.54
Avec lame désaffilée	3.71	7.14	5.69

Annexe 3 : Mesure du niveau d'émission de vibrations des sécateurs pneumatiques.

Tous les sécateurs pneumatiques émettent des vibrations suivant l'axe dominant Y qui est l'axe de déplacement du piston. Pour nos mesures d'émission de vibrations (a_{hv}), quel que soit la durée d'utilisation du sécateur et l'opérateur, les valeurs enregistrées sont toujours au-delà de $3 m/s^2$, et certaines valeurs dépassent la valeur de $7 m/s^2$.

6.1.3 Comparaison pneumatique et électrique

Type de sérateurs et niveau d'exposition aux vibrations



Les sérateurs pneumatiques exposent les opérateurs à un niveau de vibration (de 3 à 7 m/s²) alors que les sérateurs électriques soumettent les salariés pour un même temps d'utilisation à un niveau d'exposition aux vibrations toujours inférieur à la valeur limite (de 2 à 4 m/s²) dans des conditions d'utilisation identiques.

*** HYPOTHÈSE N°1 :** Les sérateurs électriques et pneumatiques diffèrent en termes de niveau d'exposition des opérateurs aux vibrations mécaniques. Les sérateurs électriques sont moins pénalisants. Les sérateurs pneumatiques **ne sont plus adaptés pour la viticulture**, ils exposent les tailleurs à un niveau de vibration qui dépassent même, dans certains cas, la valeur limite de 5 m/s² donnée dans le code du travail.



Niveau d'exposition aux vibrations avec les sérateurs pneumatiques

Tous sérateurs pneumatiques	ahv (m/s²)	5 heures d'exposition A(8) m/s²	6 heures d'exposition A(8) m/s²	7 heures d'exposition A(8) m/s²	8 heures d'exposition A(8) m/s²
Valeur minimum	3,12	2,47	2,70	2,92	3,12
Valeur moyenne	4,98	3,94	4,31	4,66	4,98
Valeur maximum	7,14	5,64	6,18	6,68	7,14

Expositions vibratoires A(8) calculées sur la poignée des sérateurs (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

Aux vues des résultats, ce type d'équipement n'est plus adapté à la viticulture compte tenu de la réglementation sur les vibrations. Encore beaucoup utilisé en arboriculture fruitière, une expérimentation en prenant en compte tous les paramètres (poids, maniabilité, capacité de coupe, bruit, ...) serait nécessaire pour évaluer ce type de sérateur pour cette activité.

6.1.2 Sérateurs électriques

Le tableau suivant est tiré des mesures qui ont été effectuées dans les mêmes parcelles avec les mêmes opérateurs que pour les sérateurs pneumatiques lors des mesures réalisées en 2012. L'ensemble des 324 mesures réalisées sur les sérateurs électriques lors de notre étude n'a pas été pris en compte pour la comparaison entre sérateurs électriques et sérateurs pneumatiques.

Niveau d'émission de vibrations avec des sérateurs électriques

	Valeurs minimum ahv (m/s²)	Valeurs Maximum ahv (m/s²)	Valeurs Moyennes ahv (m/s²)
Tous sérateurs électriques	2.11	3.79	2.62
Avec lame neuve	2.11	2.95	2.45
Avec lame désaffilée	2.29	3.79	2.79

Annexe 4 tableau n°1: Mesure du niveau d'émission aux vibrations avec les sérateurs électriques

Niveau d'exposition aux vibrations avec les sérateurs électriques

Tous sérateurs électriques «2012»	ahv (m/s²)	5 heures d'exposition A(8) m/s²	6 heures d'exposition A(8) m/s²	7 heures d'exposition A(8) m/s²	8 heures d'exposition A(8) m/s²
Valeur minimum	2,11	1,67	1,83	1,97	2,11
Valeur moyenne	2,62	2,07	2,27	2,45	2,62
Valeur maximum	3,79	3,00	3,28	3,55	3,79

Expositions vibratoires A(8) calculées sur la poignée des sérateurs (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

Avec les sérateurs électriques, aucune valeur ne dépassent la valeur limite d'exposition A(8) de 5 m/s².

6.2 Caractéristiques vibratoires et marque de sécateur.

Pour les utilisateurs, il n'y a pas de différence flagrante d'un modèle à l'autre. Les différences portent sur l'ergonomie, la prise en main, le poids, le portage de la batterie, la puissance de coupe ...

Pour comparer les sécateurs, nous avons réalisé des coupes sur un matériau industriel (tube PER) pour avoir des paramètres physiques stables. La cadence de coupe a été normalisée à 30 coupes par minute et c'est le même opérateur qui a réalisé toutes les mesures. Tous les sécateurs étaient neufs avec une lame affilée.

Marque et modèle	Moyenne des valeurs d'émission ahv m/s ²
INFACO Electrocoup F 3010	1.49
PELLENC Lixion	1.54
FELCO 800	1.60

Annexe 5: coupe sur PER à cadence normalisée

Seulement trois sécateurs ont pu être comparés compte tenu du nombre de matériels disponibles. Pour les autres appareils testés (Arvipo PS60, Zanon Z40, Maxco, Felco 801, Pellenc Vinion), nous avons mesuré un nombre insuffisant d'appareil pour élaborer une moyenne.

Les nouvelles versions des sécateurs Pellenc et Felco semblent avoir un niveau vibratoire en coupe sur PER un peu plus élevé (0,10 m/s² environ) que les générations précédentes. On peut penser que l'allègement du sécateur et l'augmentation de la vitesse d'ouverture et de fermeture des lames jouent un rôle. Ces nouvelles versions bénéficient d'un avantage réel de poids du sécateur, du portage de la batterie et de prise en main de l'outil.

*** HYPOTHÈSE N°2 :** Les sécateurs électriques ont des caractéristiques vibratoires identiques. Quel que soit la marque il n'y a pas de différences significatives entre les sécateurs électriques mesurés. Les valeurs sont toujours inférieures au seuil d'action (2,5 m/s²)

6.3 Affilage des lames et niveau d'exposition aux vibrations

L'étude réalisée par les MSA du Rhône et de Saône et Loire et le laboratoire METROERGO, montre que l'affilage joue un rôle important sur la puissance musculaire nécessaire pour la coupe des bois de vigne avec des sécateurs électriques. Ce paramètre peut aussi avoir un impact sur le niveau d'exposition aux vibrations.

Pour la comparaison, nous avons seulement pris en compte les résultats obtenus avec les sécateurs électriques. Dans des conditions de travail identiques, les opérateurs ont utilisés tour à tour un sécateur avec une lame affilée puis le même sécateur avec une lame désaffilée.

	Lame neuve A(8) m/s ²	Lame désaffilée A(8) m/s ²	Ensemble des mesures 2012 A(8) m/s ²	Ecart lame désaffilée / lame neuve en %
Moyenne	2,45	2,79	2,62	14,06%
Min	2,11	2,29	2,11	4,27%
Max	2,95	3,79	3,79	37,32%

Annexe 4: Différence lame neuve/ lame désaffilée

Lors de ces mesures, nous avons utilisé 4 sécateurs différents dans quatre parcelles de vigne avec trois tailleurs. La valeur moyenne est une base mais n'est pas représentative de toutes les situations de taille en viticulture.

Les tailleurs en viticulture sont exposés au risque vibratoire main-bras, la valeur moyenne d'exposition A(8) : 2,62 m/s² est légèrement supérieure à la valeur d'action A(8) : 2,50 m/s² dans les conditions expérimentales pour cette série de mesures. Cependant, avec un sécateur neuf équipé d'une lame neuve, la valeur moyenne des mesures A(8) : 2,45 m/s² est inférieure au seuil d'action.

Comme le montrent les mesures, l'impact de l'affilage de la lame est important. Le tailleur peut être exposé à 37 % de vibrations supplémentaires. Le désaffilage de la lame expose le tailleur à un niveau moyen de vibrations supplémentaires de 14 % avec une variation importante.

*** HYPOTHÈSE N°3 :** L'affilage des lames a un impact sur le niveau d'exposition aux vibrations lors de l'activité de taille. Les tailleurs sont plus exposés aux vibrations main-bras lorsque la lame est désaffilée.

L'affilage de la lame est un paramètre d'action pour limiter le niveau d'exposition aux vibrations main-bras et les TMS (Troubles Musculo-squelettiques).

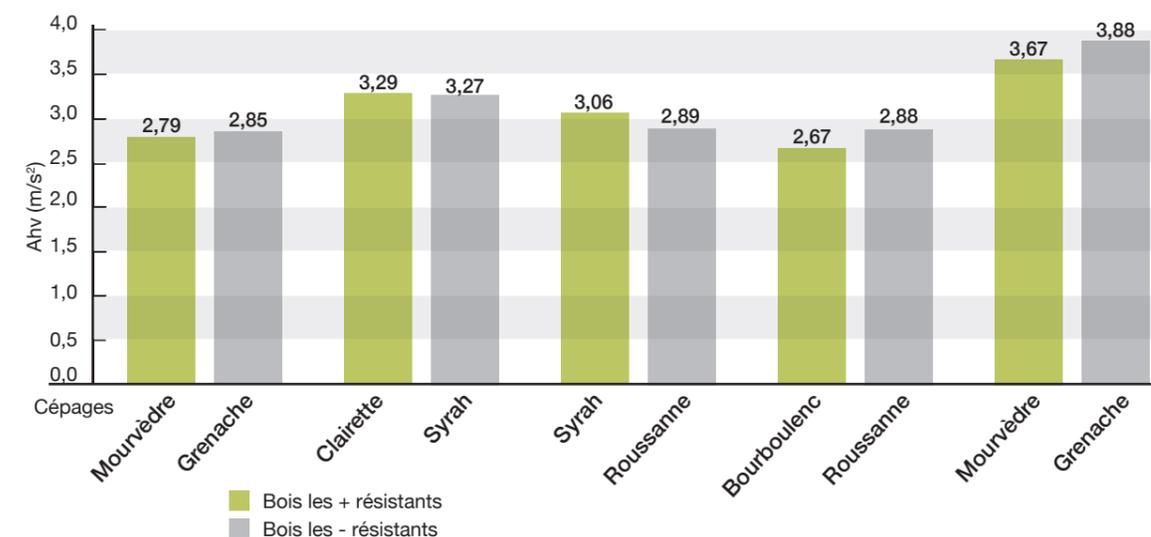
6.4 Dureté des bois et Diamètre des coupes.

Aux dires des professionnels, suivant la nature du cépage et la vigueur de la végétation, les vignes sont plus ou moins faciles à tailler. La facilité de taille regroupe pour les tailleurs deux paramètres, la dureté et le diamètre des bois.

6.4.1 Résistance au cisaillement

La dureté des bois exprimée par les tailleurs correspond à la résistance au cisaillement. Au démarrage de l'étude, avec l'aide de la société INFACO, nous avons vérifié cette résistance au cisaillement pour 18 cépages (annexe 1 : résistance au cisaillement). A partir de cette résistance, nous avons cherché à mettre en évidence l'influence de ce paramètre sur le niveau d'exposition aux vibrations.

Résistance au cisaillement et vibrations



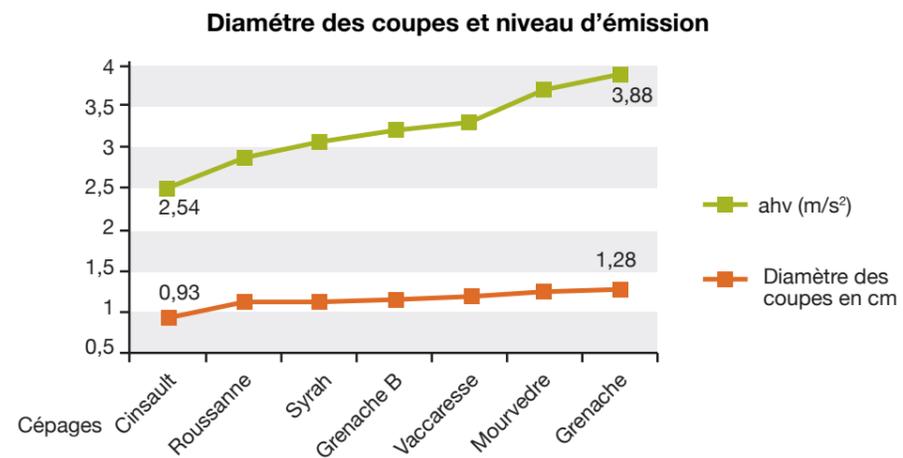
Annexe 6 : mesure sur vigne

A caractères identiques (diamètre, cadence de coupe, outil, tailleur, ...) la comparaison des mesures 2 à 2 montre que la résistance au cisaillement ne semble pas avoir d'impact sur le niveau d'émission de vibration des sécateurs.

Si pour la comparaison entre le mourvèdre et le grenache, le sécateur émet plus de vibration lors de la taille du cépage le moins résistant au cisaillement, cette corrélation ne se vérifie pas pour les autres cas. L'étude ne permet pas de conclure sur l'influence ou non de la résistance au cisaillement des cépages sur le niveau d'exposition aux vibrations main-bras des tailleurs en viticulture.

6.4.2 Diamètre des coupes

Dans un premier temps, le diamètre des coupes a été estimé en fonction du diamètre de la végétation de l'année (cf. annexe 2). Le sécateur Felco 801 et son nouveau boîtier électronique nous ont permis une approche plus précise. Les données sur le nombre de coupe et le pourcentage de coupes petites, moyennes, grosses et bloquantes ont apportées des précisions indispensables sur la cadence de taille et le diamètre des coupes (cf. annexe 7)



Le niveau d'émission des vibrations suit la même évolution que le diamètre des coupes. Les valeurs prises en compte ont été obtenues avec le même tailleur pour une cadence de travail identique sur une même parcelle avec le même sécateur. La lame a été affilée entre chaque mesure.

*** HYPOTHÈSE N°4 :** Pour un opérateur donné, lorsque les autres paramètres sont stables, le diamètre de la végétation a une réelle incidence sur le niveau d'émission des vibrations lors de la taille de la vigne. S'il y a corrélation entre diamètre des coupes et niveau d'émission des vibrations, les résultats actuels ne permettent pas de conclure sur l'influence de la résistance au cisaillement des cépages compte tenu de la dispersion des mesures, des parcelles taillées, des opérateurs. Le cépage influence le niveau d'émission des vibrations par le diamètre de sa végétation bien plus que par sa résistance au cisaillement.

6.5 Angle d'affûtage et niveau d'émission de vibrations.

Lors des premières mesures, le sécateur Pellenc lixion avait un comportement différent des autres sécateurs. Le niveau d'émission diminuait beaucoup plus entre les cépages résistants et moins résistants au cisaillement. L'une des explications pouvait provenir de l'angle d'affûtage du sécateur beaucoup plus important que sur les autres modèles.

En relation avec les fabricants, nous avons testé plusieurs types de lame pour chaque sécateur.

Cépages	Infaco 3010			Felco 800			Pellenc lixion		
	Lame 14°	Lame origine	Lame 28°	Lame 13°	Lame origine	Lame 33°	Evolution 1	Lame standard	Evolution 2
Merlot	2,33	2,39	2,49	2,35	2,48	2,38	2,06	2,34	2,68
Grenache	2,47	2,26	2,37	2,12	2,58	2,27	2,47	2,25	2,66
Grenache 2	3,44	2,76	3,44	2,05	3,26	3,62	3,54	3,73	3,52
Mourvèdre		2,80		2,15	3,08	1,69	2,89		
Mourvèdre 2	2,42	2,33	2,30		3,10		2,13	2,21	2,61
Cabernet	2,43	2,90	2,62	2,41	2,49	2,61	2,50	2,49	2,68
Moyenne	2,62	2,57	2,64	2,22	2,83	2,51	2,60	2,60	2,83

Suivant l'angle d'affûtage des lames, chaque sécateur réagit différemment en fonction des cépages. L'angle d'affûtage semble avoir peu d'influence pour le sécateur Infaco, alors que pour le sécateur Felco 800, l'amplitude est plus large. Les lames du sécateur Pellenc diffèrent par leur forme plus que par l'angle du taillant.

Pour cette comparaison, nous avons réalisés les mesures avec plusieurs tailleurs. Compte tenu des connaissances actuelles sur l'impact de la technicité du tailleur, de sa célérité, il est difficile de conclure sur l'importance de l'angle d'affûtage.

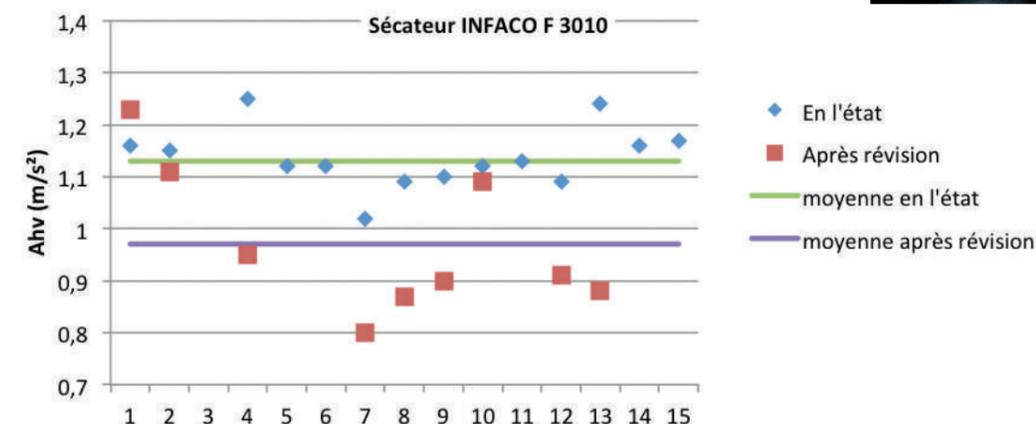
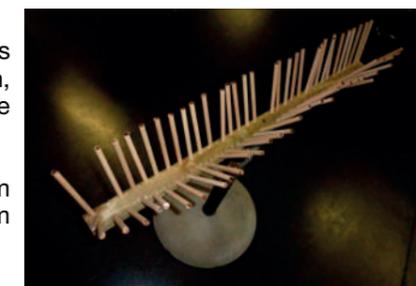
*** HYPOTHÈSE N°5 :** Le paramètre vibratoire n'est pas pris en compte par les fabricants dans le choix de l'angle d'affûtage des lames ou dans la conception de la tête de coupe. Les fabricants cherchent un compromis entre qualité de coupe, durée de coupe, solidité de la lame, consommation électrique du sécateur, Les angles faibles semblent moins pénalisants en termes de niveau d'émission de vibrations. Ils présentent une dégradation rapide du taillant, l'affilage doit être réalisé plus souvent et le taillant s'ébrèche plus facilement.

6.6 Caractéristiques vibratoires et entretien

Comme pour nombre d'outils mécaniques avec des pièces d'usure, l'entretien peut jouer un rôle sur le maintien des caractéristiques d'émission de vibrations des sécateurs. Avec la société INFACO, nous avons pu mesurer des sécateurs en l'état après une campagne de taille puis après remplacement des lames par un technicien de l'entreprise.

Après révision complète, les sécateurs ont été mesurés à nouveau dans les mêmes conditions expérimentales (cf. annexe 8). Pour valider l'hypothèse liée à l'entretien, nous avons mesuré les sécateurs à vide et en coupe sur des tourillons en hêtre de 10 mm de diamètre, positionnés sur un support en bois.

Les tourillons ont été collés dans un support en pin supporté par un mat de 60 cm afin de garder une certaine souplesse. Chaque tourillon a été coupé 3 fois ; à 6cm de la base puis à 3 cm et au ras du support.



Tous les sécateurs n'ont pu être mesurés après entretien.

	Mesure en l'état	Mesure fin de campagne avec lame neuve	Mesures après révision avec lame neuve	Différence lame neuve avant et après entretien en %
A vide (30 coups/minute)	1.13	1.12	0.98	13%
Coupe tourillon (30 coupes/minute)	2.29	2.15	2.09	3 %

Annexe 8

Les sécateurs ont des paramètres d'émission de vibrations qui se dégradent au cours de l'utilisation. Les mesures à vide montrent une différence de 13 %. Sans entretien du sécateur à l'intersaison, le tailleur se trouvera exposé à un niveau de vibration supérieur la saison suivante.

Lors de cette manipulation, nous avons pu constater que la différence entre lame neuve et lame usée est plus importante lorsque la lame a réalisé plus de 300 000 coupes dans la saison.

*** HYPOTHÈSE N°5 :** l'émission vibratoire lors de la coupe de tourillon en hêtre est plus élevée, comme pour la vigne, avec l'utilisation des lames usagées plutôt que neuve. Après révision générale de l'outil, le niveau d'émission est moindre. Il y a une détérioration des paramètres d'origine avec l'usage. La mécanique influe sur le niveau d'exposition aux vibrations de l'opérateur. L'entretien régulier et intersaison permet de maintenir les caractéristiques vibratoires des sécateurs.

6.7 Mode de conduite et niveau d'émission des vibrations.

Les parcelles de vigne sont prétaillées ou non en fonction des choix techniques du chef d'entreprise.

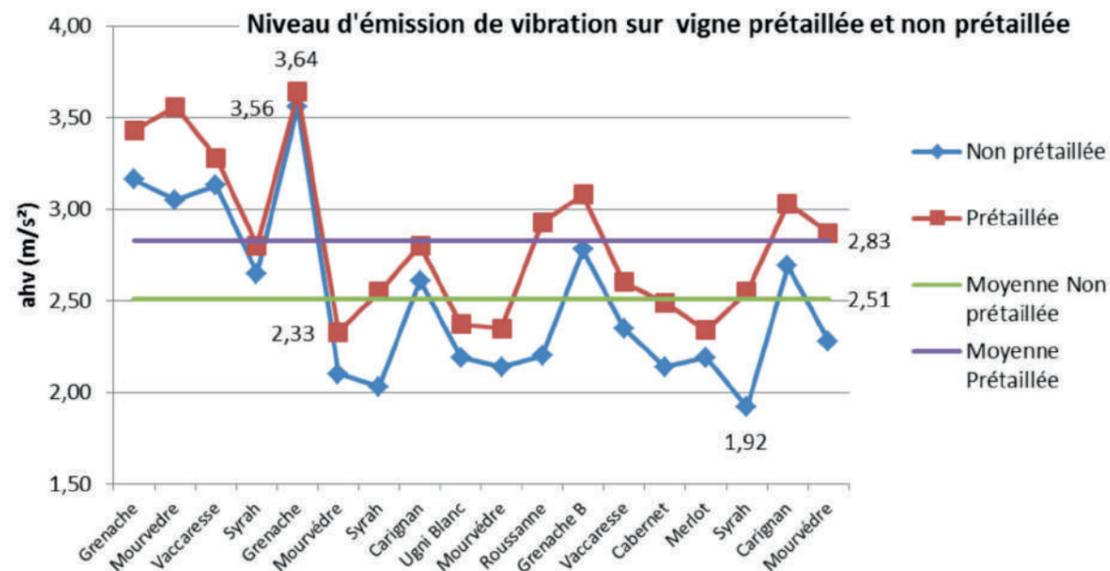


Parcelle prétaillée

Parcelle non prétaillée

6.7.1 Mode de conduite de la taille

Dès le début de l'étude, le niveau d'émission de vibration était plus important dans la parcelle de vigne qui était prétaillée que dans les autres parcelles. Les choix techniques peuvent avoir une influence sur le niveau d'émission de vibrations lors de la taille de la vigne.

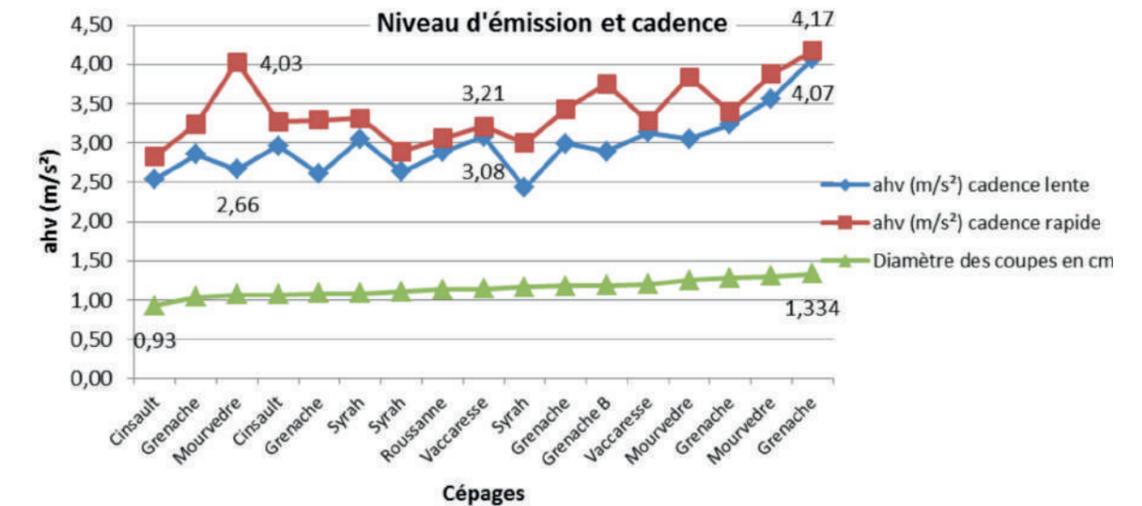


Quel que soit le mode de conduite de la vigne (gobelet ou cordon de Royat), lorsque les parcelles sont prétaillées, l'opérateur est plus exposé aux vibrations main-bras lors de la taille. Cette exposition majorée s'explique par :

- une cadence de coupe plus rapide ; l'opérateur a une meilleure vision du pied et réalise la taille plus vite. Il ne perd pas de temps à tirer les bois. En moyenne la cadence de coupe est plus élevée de 27 % pour les vignes prétaillées.
- Le diamètre des coupes est légèrement supérieur dans les parcelles prétaillées ; les coupes sont réalisées sur la base des sarments et une sur deux sur des bois de deux ans et plus. (cf. annexe 2)

6.7.2 Cadence de taille et exposition

La différence de cadence a un impact sur le niveau d'émission de vibrations. Plus la célérité de l'opérateur est élevée, plus le niveau d'émission est important (cf tableau annexe 9).



Annexe 9 : cadence de coupe et niveau d'émission

Pour vérifier ce paramètre, les mesures sont comparables deux à deux, la résistance au cisaillement du cépage ayant peu d'importance, nous avons privilégiés les paramètres essentiels ; cadence et diamètre des coupes.

Pour un même tailleur, en fonction de la différence de cadence (écart de 3 à 19 coupes par minute entre cadence lente et rapide), le niveau d'émission varie avec plus ou moins d'intensité. Plus la cadence de coupe est élevée, plus le niveau d'émission de vibrations augmente.

*** HYPOTHÈSE N°7 :** La taille sur des vignes prétaillées émet plus de vibrations main-bras. Le niveau de vibration supplémentaire est d'environ 13 %. L'augmentation du niveau d'émission est essentiellement liée à l'augmentation de la cadence. Les résultats confirment qu'il y a bien une influence de la cadence sur l'émission vibratoire. Pour un même diamètre de coupe, il y a un accroissement du niveau vibratoire avec la célérité de l'opérateur, quel que soit le sécateur utilisé.

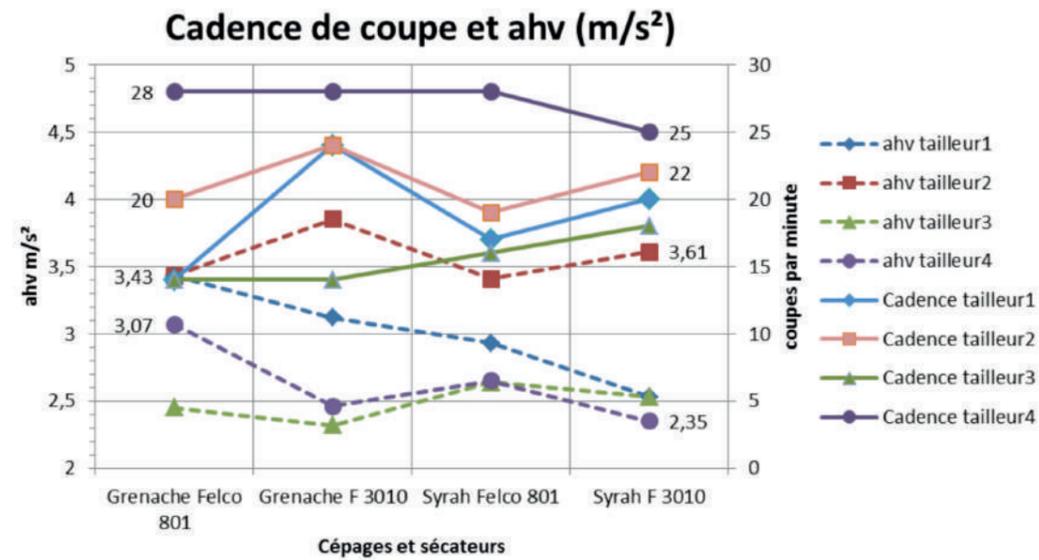
6.8 Niveau d'exposition aux vibrations et technicité.

Lors des mesures, il est apparu des différences entre les opérateurs que la cadence de travail, le diamètre des coupes, le mode de conduite de la vigne ne semblaient pas justifier. Nous avons comparé dans une même situation de travail le niveau d'exposition aux vibrations de plusieurs tailleurs et analysé l'influence de la gestuelle de taille

6.8.1 Tailleurs et niveau d'exposition aux vibrations

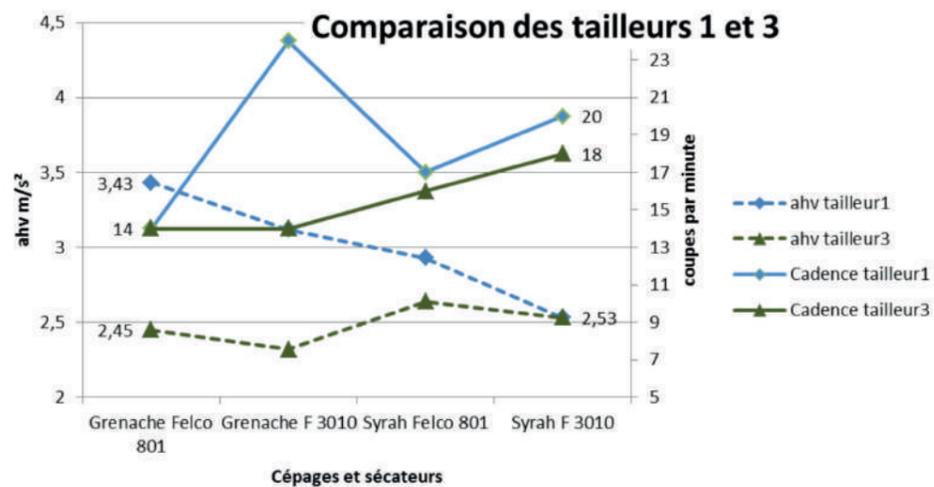
Les différents opérateurs qui ont taillé la vigne sont repérés de 1 à 4, dans l'ordre de leur intervention sur le terrain. La taille de la main a été déterminée en fonction de la taille de gant nécessaire. La force de préemption a été déterminée avec un dynamomètre de Collin :

- 1 : chef de culture : main taille 12, force de préhension 69 kg
- 2 : vigneron indépendant professionnel : main taille 8, force de préhension 35 kg
- 3 : enseignante viticulture œnologie : main taille 8, force de préhension 35 kg
- 4 : expérimentateur : main taille 11, force de préhension 62 kg



Pour faciliter la lecture du graphique, la cadence a été divisée par 10 (annexe 10)

Malgré le professionnalisme des tailleurs, la cadence de taille et le niveau d'émission de vibration sont très différentes d'un opérateur à l'autre.

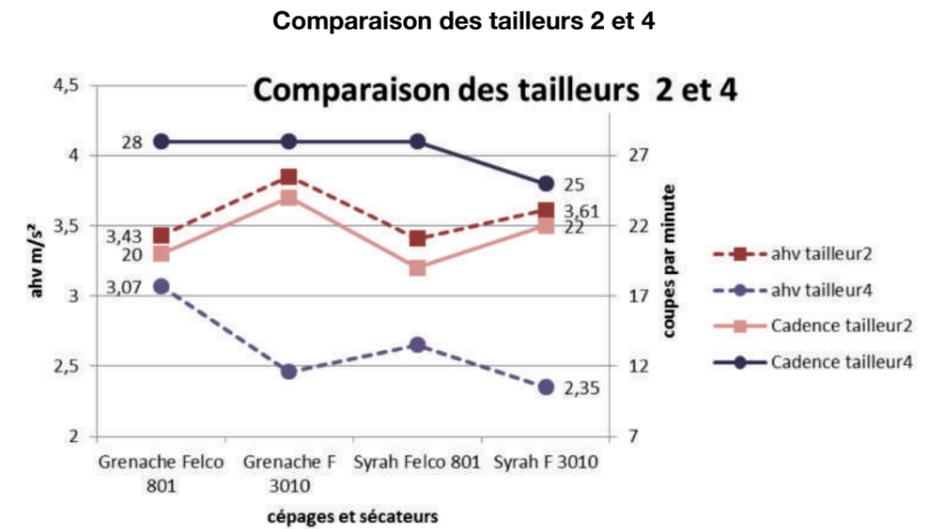


Cadence : coupes par mn Ahv : m/s².

Pour une même cadence sur cépage grenache avec le sécateur Felco 801, le niveau d'émission entre les deux tailleurs diffère de 0,98 m/s².

Le tailleur 1 a un niveau d'émission supérieur de 40 % qui n'est pas lié au sécateur, à la cadence ou au diamètre de coupe.

Lors de la taille de Syrah avec le sécateur Infaco F 3010, le niveau d'émission de vibration est identique alors que les cadences de travail (coupes par minute) sont différentes.



Cadence : coupes par mn Ahv : m/s².

Le tailleur 4 a une cadence de coupe plus rapide que le tailleur 2 alors que le niveau d'émission de vibrations est toujours inférieur quel que soit le sécateur utilisé et le cépage. Pour le tailleur 2, il y a une corrélation parfaite entre cadence de coupe et émission de vibrations.

Autres mesures en équipe de taille

Tailleur	Sécateur	Cépage	Cadence	Ahv (m/s ²)
Tailleur 5	INFACO F3010	Mourvèdre	29	3,43
Tailleur 6	INFACO F3010	Mourvèdre	29	2,79

Lors des mesures, pour cette équipe de taille, la vigne avait une végétation très régulière.

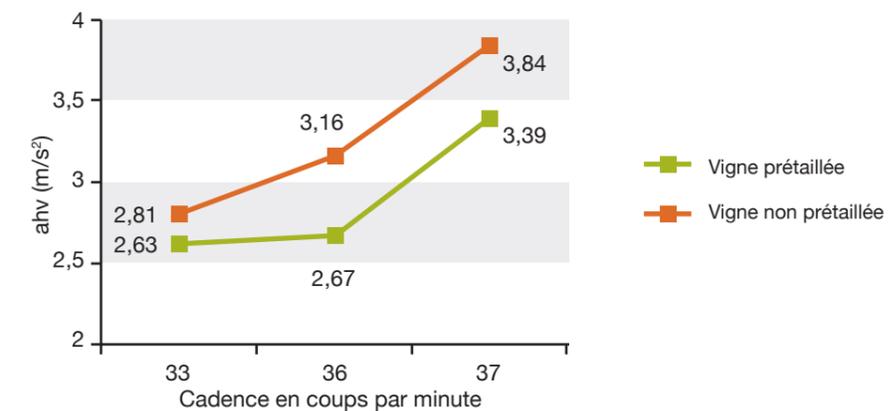
Lors des mesures, pour cette équipe de taille, la vigne avait une végétation très régulière. Le niveau d'émission du tailleur 5 est supérieur à celui du tailleur 6 de 0,64 m/s² alors que le sécateur utilisé est le même, la cadence de taille identique.



Tailleur	Cépage	Sécateur	Coupes par minute	ahv m/s ²	Durée d'exposition			Temps pour atteindre la valeur d'action
					6 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	
Tailleur 1	Grenache	Felco 801	14	3,43	2,97	3,21	3,43	4 h 15
	Grenache	Infaco F 3010	24	3,12	2,70	2,92	3,12	5 h 08
	Syrah	Felco 801	17	2,93	2,54	2,74	2,93	5 h 49
	Syrah	Infaco F 3010	20	2,53	2,19	2,37	2,53	7 h 49
Tailleur 2	Grenache	Felco 801	20	3,43	2,97	3,21	3,43	4 h 15
	Grenache	Infaco F 3010	24	3,85	3,33	3,60	3,85	3 h 22
	Syrah	Felco 801	19	3,41	2,95	3,19	3,41	4 h 18
	Syrah	Infaco F 3010	22	3,61	3,13	3,38	3,61	3 h 50
Tailleur 3	Grenache	Felco 801	14	2,45	2,12	2,29	2,45	8 h 20
	Grenache	Infaco F 3010	14	2,32	2,01	2,17	2,32	9 h 17
	Syrah	Felco 801	16	2,65	2,29	2,48	2,65	7 h 07
	Syrah	Infaco F 3010	18	2,35	2,04	2,20	2,35	9 h 03
Tailleur 4	Grenache	Felco 801	28	3,07	2,66	2,87	3,07	5 h 18
	Grenache	Infaco F 3010	28	2,46	2,13	2,30	2,46	8 h 16
	Syrah	Felco 801	28	2,65	2,29	2,48	2,65	7 h 07
	Syrah	Infaco F 3010	25	2,35	2,04	2,20	2,35	9 h 03
Tailleur 5	Mourvèdre	Infaco F 3010	29	3,43	2,97	3,21	3,43	4 h 15
Tailleur 6	Mourvèdre	Infaco F 3010	29	2,79	2,42	2,61	2,79	6 h 25

6.8.2 Technicité et niveau exposition aux vibrations

Les tailleurs, tous professionnels, ne sont pas exposés au même niveau de vibration. La technicité et la gestuelle de chacun semblent intervenir dans le niveau d'exposition aux vibrations.



La prétaille mécanique de la vigne influence le niveau d'exposition des opérateurs par l'augmentation de la cadence de taille (cf. paragraphes 6.7.1 et 6.7.2). Le nombre de pieds taillés par heure est moindre lorsque la vigne n'est pas prétaillée. Cependant, pour un même tailleur, lorsque seul le paramètre de type de taille change, à cadence similaire, la taille sur vigne non prétaillée expose plus l'opérateur.

En analysant l'activité, il y a des différences importantes dans la gestuelle des tailleurs sur la vigne non prétaillée :

- le nombre de gestes est plus important
- les gestes ont plus d'amplitude
- il y a plus de déplacements de l'outil et de chocs sur la végétation.

Ces différences s'expliquent par la nécessité pour l'opérateur de recouper fréquemment les sarments pour pouvoir les désenchevêtrer et les déposer dans le rang.



*** La technicité de l'opérateur : gestuelle du tailleur**

La gestuelle des tailleurs et leur technicité peuvent être génératrices de vibrations et augmenter leur niveau d'exposition. Des séries de mesures complémentaires ont été réalisées à vide pour vérifier cette hypothèse.

	A (8) m/s ² simulation taille	A (8) m/s ² avec simulation taille+ tirage des bois
Gestuelle lente	0,76	2,07
Gestuelle modérée	1,52	2,52
Gestuelle rapide	2,01	2,73

Les différentes gestuelles sont génératrices de vibrations et montrent que la célérité des gestes et leur fluidité influencent le niveau d'exposition des opérateurs. Une gestuelle associée à des chocs sur la végétation lors du positionnement de la lame et de la contre lame lors de la taille, accroît le niveau d'exposition aux vibrations (1,61 m/s² pour une gestuelle lente associée à des chocs). Ces résultats nous permettent d'expliquer en partie les différences observées entre les différents tailleurs.

*** La technicité de l'opérateur : lame engagée et lame en pointe**

Tous les opérateurs n'engagent pas la lame sur la végétation de la même manière. Certains engage très profondément la lame alors que d'autres travaillent plus avec la partie supérieure du taillant



Lame engagée



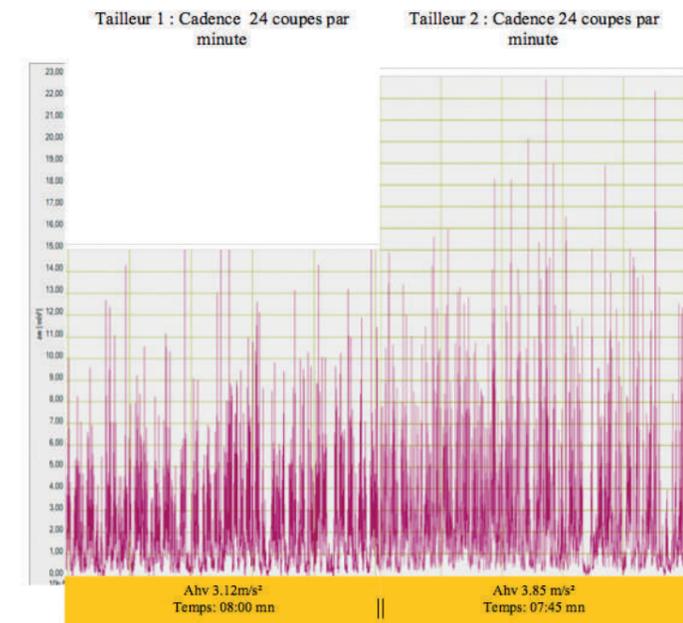
Lame pointe

Test sur cépages

Cépages	Sécateur	Nombre coupes/minute	Ahv (m/s ²)
Cinsault « taille lame engagée »	Felco 801	35	4,03
Cinsault « taille lame pointe »	Felco 801	36	2,96
Grenache « taille lame engagée »	Electrocoup F 3010	26	2,61
Grenache « taille lame pointe »	Electrocoup F 3010	27	2,18

Ces mesures valident l'incidence de l'engagement de la lame sur le niveau d'exposition aux vibrations. Plus la lame et la contre lame viennent en contact avec le bois et le pied de la vigne, plus le niveau d'exposition aux vibrations est important. Cette augmentation du niveau d'exposition de l'opérateur semble due aux chocs.

*** La technicité de l'opérateur : profil vibratoire**



La comparaison du profil vibratoire de ces deux opérateurs obtenu avec un même sécateur dans une même parcelle de vigne avec une végétation importante montre bien l'importance des pics vibratoires dans le niveau d'émission des vibrations.

Le tailleur 2 est beaucoup plus exposé, il enregistre des pics dépassant 22 m/s² qui ne sont pas liés directement à l'outil, à la cadence ou au diamètre des coupes. La différence de profil vibratoire résulte de la technicité des opérateurs. Le tailleur 2 cherche une taille très rase en réalisant des coupes avec le talon de la lame, il engage beaucoup plus la lame. Il y a plus de chocs lors du positionnement de l'outil et la gestuelle du tailleur est moins fluide, elle est plus saccadée.

*** HYPOTHÈSE N°8 : L'influence du tailleur est importante, sa cadence, la force exercée sur le corps du sécateur, sa technique d'exécution (lame plus ou moins engagée), ses choix de taille (taille très près du pied ou plus éloignée), sa gestuelle d'ensemble (lente ou rapide, fluide ou saccadée), modifient le niveau d'émission de vibrations.**



7. Équipe de taille et exposition

Pour estimer plus précisément le niveau moyen d'exposition et vérifier les disparités entre opérateurs, nous avons équipé plusieurs équipes de taille. Les lames des sécateurs étaient toutes affilées avant la mesure et ne présentaient pas d'usure prononcées. Au moins un tailleur par équipe a utilisé le sécateur Felco 801 pour avoir une indication du diamètre des coupes. Certains tailleurs ont utilisés plusieurs sécateurs.

7.1 Niveau d'exposition en équipe de taille.

Parcelle N° 1 : Grenache Gobelet, non prétaillé.

Tailleur	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	Diamètre des coupes en mm	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	4 heures d'exposition A(8) m/s ²
1	3,12	25		3,12	2,92	2,70	2,21
2	3,75	38	11,88	3,75	3,51	3,25	2,65
3	2,24	23		2,24	2,1	1,94	1,58
4	1,78	28		1,78	1,67	1,54	1,26
5	2,19	26		2,19	2,05	1,9	1,55
3	2,02	30	8,52	2,02	1,89	1,75	1,43

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

- Dans cette équipe de taille, tous les tailleurs n'ont pas le même niveau d'expérience et c'est une équipe mixte. Il y a de forte disparité de végétation, de cadence et de gestuelle, le niveau d'exposition varie du simple au double (+ 1,97 m/s²). Il est donc difficile pour l'employeur d'évaluer le niveau d'exposition moyen.
- Les opérateurs 1 et 2 sont plus exposés :
 - l'opérateur 2 a une cadence très élevée (38 coupes par minute) qui peut expliquer le niveau d'exposition aux vibrations,
 - l'opérateur 1, avec une cadence de travail proche des autres membres de l'équipe, est beaucoup plus exposé. Sa gestuelle peut-être une explication.

Parcelle N° 2 : Grenache Royat, non palissé non prétaillé.

Tailleur	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	Diamètre des coupes en mm	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	4 heures d'exposition A(8) m/s ²
1	2,60	29	10,76	2,60	2,43	2,25	1,84
2	3,28	27		3,28	3,07	2,84	2,32
3	2,87	NC		2,87	2,68	2,49	2,03
4	2,81	NC		2,81	2,63	2,43	1,99
2	3,06	22		3,06	2,86	2,65	2,16

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

- Dans cette équipe, toutes les valeurs sont au-dessus du seuil déclenchant l'action, pour une exposition de 8 heures. Il y a moins de disparité entre les tailleurs tous sont expérimentés et ont l'habitude de travailler ensemble.
- La différence entre les tailleurs 1 et 2 (0,68m/s²) n'est pas liée à la cadence de travail. La végétation est homogène.

Parcelle N° 3 : Mourvèdre Royat, non palissé non prétaillé

Tailleur	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	Diamètre des coupes en mm	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	4 heures d'exposition A(8) m/s ²
1	3,43	29		3,43	3,21	2,97	2,43
1	2,66	22	10,68	2,66	2,49	2,30	1,88
2	2,79	29	10,28	2,79	2,61	2,42	1,97
3	2,19	29		2,19	2,05	1,90	1,55
2	2,70	NC		2,70	2,53	2,34	1,91

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

Dans cette équipe, toutes les valeurs sont au-dessus du seuil déclenchant l'action, pour une exposition de 8 heures. Il y a moins de disparité entre les tailleurs tous sont expérimentés et ont l'habitude de travailler ensemble. La différence entre les tailleurs 1 et 2 (0,68m/s²) n'est pas liée à la cadence de travail. La végétation est homogène.

Parcelle N° 4 : Grenache Royat palissé non prétaillé

Tailleur	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	Diamètre des coupes en mm	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	4 heures d'exposition A(8) m/s ²
2	3,30	24	10,48	3,30	3,09	2,86	2,33
1	4,25	NC		4,25	3,98	3,68	3,01
2	1,99	NC		1,99	1,86	1,72	1,41
3	2,39	NC		2,39	2,24	2,07	1,69

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

Equipe de plus faible importance, un seul opérateur est sous la valeur déclenchant l'action pour 8 heures d'exposition. Les cadences de coupes sont similaires mais la vigne a une vigueur de végétation très irrégulière.

Le tailleur 1, pour la deuxième série de mesure, a testé un nouveau sécateur ce qui peut expliquer la différence de célérité. Le fait de changer de sécateur n'a pas d'impact pour le tailleur 2 en termes de niveau d'exposition aux vibrations main-bras.

Parcelle N° 5 : Mourvèdre et Grenache gobelet non prétaillé

Tailleur	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	Diamètre des coupes en mm	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	4 heures d'exposition A(8) m/s ²
1	2,38	28	11,06	2,38	2,23	2,06	1,68
2	1,85	20		1,85	1,73	1,6	1,31
3	1,88	24		1,88	1,76	1,63	1,33
2	2,32	NC		2,32	2,17	2,01	1,64
1	1,78	NC		1,78	1,67	1,54	1,26
3	1,95	36	10,58	1,95	1,82	1,69	1,38

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

Les trois tailleurs, salariés permanents du domaine, sont expérimentés. L'équipe travaille ensemble, les sécateurs utilisés ne permettent pas de connaître le nombre de coupes réalisés. La vigne a une végétation homogène. Il y a cependant une forte disparité de niveau d'exposition. Le tailleur 2 avec son sécateur habituel est peu exposé.

Parcelle N° 6 : Mourvèdre Royat non palissé non prétaillé

Tailleur	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	Diamètre des coupes en mm	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	4 heures d'exposition A(8) m/s ²
1	3,01	32	11,66	3,01	2,82	2,61	2,13
2	3,55	NC		3,55	3,32	3,07	2,51
3	3,07	NC		3,07	2,87	2,66	2,17

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

Les tailleurs sont expérimentés, ils ont des cadences de travail proches (plus de 30 coupes par minute). Le diamètre de la végétation est important. Le niveau d'exposition homogène dépasse le seuil d'action. Il semble lié à la cadence de travail et au diamètre des coupes.

Parcelle N° 7 : Grenache Gobelet non prétaillé

Tailleur	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	Diamètre des coupes en mm	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	4 heures d'exposition A(8) m/s ²
1	2,57	24	11,18	2,57	2,40	2,23	1,82
2	3,50	NC		3,50	3,27	3,03	2,47
3	2,59	NC		2,59	2,42	2,24	1,83
4	4,09	NC		4,09	3,83	3,54	2,89
5	3,29	NC		3,29	3,08	2,85	2,33

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

L'équipe est composée de salariés permanents et de saisonniers tous expérimentés en taille de la vigne. Il y a une forte disparité de niveau d'exposition (+ 1,52 m/s²) qui peut être liées à la cadence de taille et à l'hétérogénéité de la végétation.

Parcelle N° 8 : Grenache Royat non palissé, non prétaillé

Tailleur	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	Diamètre des coupes en mm	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	4 heures d'exposition A(8) m/s ²
1	2,81	33	11,00	2,81	2,63	2,43	1,99
2	2,09	29		2,09	1,96	1,81	1,48
3	2,66	NC		2,66	2,49	2,3	1,88
4	2,85	29	10,40	2,85	2,67	2,47	2,02
3	2,73	22		2,73	2,55	2,36	1,93
4	2,48	NC		2,48	2,32	2,15	1,75

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)

L'équipe est constituée de trois salariés expérimentés et d'une personne débutante. La végétation est irrégulière en fonction des zones ce qui explique en partie les différences d'exposition. Malgré une cadence et un diamètre de coupe supérieurs, le tailleur 1 est exposé à un même niveau de vibration que le tailleur 4 (1^o mesure).

7.2 Niveau d'exposition en viticulture

	Temps de mesure (h:mm:ss)	Ahv (m/s ²)	Cadence en coupes par minute	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²
Equipe de taille	00:48:56	2,71	27	2,71	2,53	2,35
Ensemble des mesures	00:20:46	2,72	29	2,72	2,53	2,35

Expositions vibratoires A(8) (sous valeur d'action, valeur d'action, au-delà de la valeur limite)
Annexe 12 : ensemble des mesures réalisées

Le niveau d'exposition aux vibrations est identique pour l'ensemble des mesures et les mesures particulières en équipe de taille malgré une cadence supérieure (+2 coupes /minute). La cadence est mesurée sur le temps d'utilisation du sécateur pour nos mesures, ce n'est pas la cadence moyenne pour une journée de travail, les temps de pause ne sont pas intégrés. Les mesures réalisées avec les lames non affilées (8% des mesures) sont comptabilisées.

Les mesures auprès des équipes de taille ont été réalisées avec des lames affilées mais déjà usagée pour leurs sécateurs. Cependant, aucune lame ne présentait un niveau d'usure important. Au cours de notre étude, nous avons pu constater que plus des trois quarts des lames n'étaient pas affilées régulièrement ou étaient ébréchées (marque de fil de fer). Aux dires des opérateurs, l'affilage est réalisé seulement une ou deux fois par jour pour 80 % d'entre eux. Peu de salariés disposent d'un outil d'affilage et l'utilisent plusieurs fois par demi-journée.

Compte tenu de nos mesures et des pratiques des salariés, le niveau moyen d'exposition en viticulture est probablement supérieur à **2,72 m/s²**.

Aux vues de nos résultats, des pratiques des opérateurs en matière d'affûtage et d'affilage, nous pouvons, par extrapolation, estimer le niveau moyen d'exposition aux vibrations en viticulture à 10 % supplémentaire soit **3m/s²** (Annexe 13).



8. Méthode d'évaluation et discussions

8.1 Méthode d'évaluation du risque vibratoire

L'étude nous a permis d'isoler un certains nombres de facteurs influençant le niveau d'exposition aux vibrations main-bras en viticulture et de déterminer un niveau moyen d'exposition. A partir de ses critères nous proposons le tableau suivant :

A8 (m/s ²)	Situation favorable <2,5m/s ²	Standard 2,5m/s ² <A8<3,5 m/s ²	Défavorable >3,5 m/s ²
Diamètre des coupes	< 11 mm	11 < diamètre < 12	>12 mm
Cadence de coupe	< 1500 coupes par heure	1500 < coupes par heure < 2000	> 2000 coupes par heure
Affilage	1 x par heure ou plus	2 x par jour ou plus	1x par jour ou moins
Entretien	Journalier et intersaison	Intersaison	Aléatoire ou sans entretien
Autres outils de taille	Scie pour bois de diamètre > 35 mm	Scie pour bois de diamètre >40mm	Pas de scie

En fonction des divers résultats que nous avons, la non réalisation de deux points au moins sur les six cités, implique le passage d'une situation favorable à une situation standard ou d'une situation standard à une situation défavorable.

Pour limiter l'exposition des tailleurs, l'employeur dispose de levier d'action technique (affilage et affûtage, entretien du sécateur, conduite du vignoble) et organisationnel (choix des parcelles, cadence imposée ou non, mode de rémunération, ...).

Si le tableau permet d'évaluer le niveau d'exposition potentiel aux vibrations main-bras avec un sécateur électrique d'un tailleur avec plus d'exactitude que la notice technique des outils, il ne peut prendre en compte la gestuelle des tailleurs qui a un impact important sur le niveau d'exposition aux vibrations.

Evaluation du niveau d'exposition en fonction de la durée d'exposition

ahv (m/s ²)	5 heures d'exposition A(8) m/s ²	6 heures d'exposition A(8) m/s ²	7 heures d'exposition A(8) m/s ²	8 heures d'exposition A(8) m/s ²	Temps pour atteindre la valeur d'action
2,50 m/s ²	1,98	2,17	2,34	2,50	8 h 00
3,00 m/s ²	2,37	2,60	2,81	3,00	5 h 33
3,50 m/s ²	2,77	3,03	3,27	3,50	4 h 05

Le niveau d'exposition des tailleurs va fortement varier en fonction de la durée d'exposition et du niveau d'émission de vibration. Dans un premier temps, il est important de limiter le niveau d'émission au maximum en intervenant sur les facteurs de variation (affilage, cadence, ...) pour limiter le niveau d'exposition des opérateurs.

Pour déterminer le temps d'exposition, l'employeur devra analyser l'activité de taille avec précision. Tous les temps de pause vibratoire (affilage, pauses en bout de rang, pauses médianes, retour au rang, ...) devons être estimés.

8.2 Discussions

* Contraintes et limites des mesures

Nos premières hypothèses ont sous estimées l'effet intrinsèque des opérateurs et de leur technicité. Les premières séries de mesures ont été réalisées avec des tailleurs différents sur des parcelles différentes et nos résultats n'ont pu être utilisés dans la totalité. Les premières indications données par nos mesures nous orientaient vers des conclusions erronées compte tenu de l'effet opérateur.

L'étude a été réalisée sur plusieurs saisons de taille (2012 à 2015). Les parcelles de vigne sont sur des terroirs différents. La vigne, en fonction des années, a subi des conditions climatiques, des traitements phytosanitaires différents qui ont pu avoir une influence sur la vigueur de la végétation et sa résistance au cisaillement.

* Technicité de taille

Les comparaisons entre plusieurs tailleurs, nous montre des différences importantes dans le niveau d'exposition aux vibrations. Si la cadence de taille et le diamètre des coupes sont en partie responsables, d'autres critères sont à prendre en compte.

Ces paramètres liés à la gestuelle et à la conception personnelle de la taille des opérateurs ne sont pas mesurables avec précision mais ont un impact important.

* Affûtage et affilage.

Si nous avons pu déterminer que l'affilage jouait un rôle important, nous ne savons pas précisément quelle doit être sa périodicité. Nous nous sommes appuyés sur le module « TMS du membre supérieur en viticulture » de la CCMSA qui préconise au moins une fois par heure. Aujourd'hui rien ne nous permet d'affirmer qu'un affilage tous les quarts d'heure ne serait pas un plus et ne permettrait pas une diminution du niveau d'exposition aux vibrations.

L'apprentissage de la technique d'affilage est plus aisé que l'apprentissage de la technique d'affûtage qui nécessite par ailleurs le démontage de la lame du sécateur et une machine à meule ou à bande. Cependant, la seule équipe de taille (parcelle n°5) qui n'est jamais exposée au-delà du seuil d'action et la seule équipe à maîtriser parfaitement les deux techniques et à les mettre en œuvre.

* La périodicité du changement de la lame.

La société Pellenc préconisent de changer la lame des sécateurs électriques toutes les 200 h de taille. Nous avons constatés lors de notre étude que pour certains sécateurs, les lames ayant plus de 300 000 coupes exposaient l'opérateur à un niveau de vibration supérieur. A raison de 1500 coupes par heures, nous retrouvons la même durée de taille effective.

Le changement de lame pour les opérateurs réalisant plus de 200 h de taille ou 300 000 coupes semble être aussi un paramètre d'amélioration. L'équipe de taille de la parcelle 5 utilise en moyenne 2 lames par sécateur pour une saison de taille de 3 mois (en moyenne 550 000 coupes par tailleur).

* Force de préhension et niveau de vibration.

Comme le montre l'étude menée par les MSA du Rhône et de la Saône et Loire en 2008, l'opérateur utilise plus de force musculaire avec un sécateur désaffilé. Nous avons également observé lors des mesures, l'impact de la force de préhension exercée sur le boîtier du sécateur.

Plus le sécateur est maintenu fermement, plus le niveau de vibration enregistré par le capteur est faible. Le système main-bras de l'opérateur semble jouer le rôle de diffuseur des vibrations. Si le niveau enregistré est moindre, l'opérateur pourrait être plus exposé. Une étude complémentaire serait à mener pour déterminer les conséquences exactes de cette situation de travail.

Ce paramètre nous montre que l'effet de l'utilisation de lames désaffilées (14% de vibrations émises en plus) est probablement sous-estimé.

* Résistance au cisaillement et niveau de vibration.

Dans nos premières hypothèses, nous avons pensés que la résistance au cisaillement des bois pouvait avoir un rôle dans le niveau d'émission de vibrations.

A ce jour, nous ne pouvons conclure sur l'importance de la résistance au cisaillement dans le niveau d'émission de vibration. Si la résistance au cisaillement joue un rôle sur le niveau d'exposition, son impact n'est pas suffisant en regard des autres critères pour être perceptible dans notre étude et influencer les résultats.

9. Conclusions

L'ensemble des mesures effectuées lors de la taille avec des sécateurs sur batterie est représentative des vignobles du Sud de la vallée du Rhône. Les mesures ont été réalisées sur 15 cépages, conduits en cordon de Royat ou en gobelet, prétaillés ou non sur 23 parcelles disséminées sur diverses appellations du Nord Vaucluse par plus de 40 opérateurs.

La taille de la vigne avec des sécateurs électriques expose l'opérateur à un niveau de vibration main-bras au-delà du seuil d'action (valeur moyenne 2,70 m/s²) mais jamais au-delà de la valeur limite (5 m/s²). La même activité, réalisée avec un sécateur pneumatique, peut exposer l'opérateur à un niveau dépassant cette valeur limite (jusqu'à 7 m/s²). Les sécateurs électriques sont adaptés pour la viticulture. A contrario, les sécateurs pneumatiques sont à proscrire compte tenu de la réglementation sur l'exposition aux vibrations main-bras.

Si, comme pour d'autres paramètres intervenants dans la problématique des risques de troubles musculo-squelettiques, l'affilage des lames a un rôle primordial, d'autres paramètres mesurables tels que la cadence et le diamètre des coupes interviennent dans le niveau d'émission des sécateurs. Plus la célérité de l'opérateur est élevée, plus la vigueur de la végétation est importante, plus le niveau d'émission de vibration est conséquent.

La différence entre les opérateurs reste aujourd'hui très difficile à interpréter. La technicité de taille, la gestuelle de l'opérateur, l'engagement de la lame, la force de préhension constituent autant d'éléments influençant le niveau d'exposition aux vibrations main bras en viticulture. La formation technique à la taille devrait intégrer aussi ses éléments pour diminuer le risque de troubles musculo-squelettiques en viticulture.

A ce jour cette expérimentation a été réalisée sur les vignobles du sud de la vallée du Rhône, mais la méthode d'évaluation du risque vibratoire élaborée peut être transférée dans les autres vignobles sur d'autres types de taille (guyot, arcure,...). Cependant, la vérification de la cadence de taille et du diamètre des coupes sont des préliminaires indispensables. Il serait intéressant de réaliser des mesures sur des équipes de taille dans chaque vignoble afin de tenir compte des particularités et déterminer un niveau moyen d'émission de vibration.

ANNEXE 1 Résistance des bois au cisaillement

Pour définir ce que les producteurs nomment la dureté des bois, nous avons réalisé avec la société INFACO des mesures de consommation énergétique du sécateur pour objectiver la résistance des bois au cisaillement.

Pour le test, les bois ont été prélevés directement sur les pieds de vigne. Ils ont été ensuite calibrés et conservés dans des sacs papier en petit fagots de dix bois d'une longueur de trente centimètres à environ 5°. Les mesures ont été effectuées dans une salle en poste fixe.

Le sécateur utilisé est un Electrocoupe F 3010 neuf équipé d'une lame neuve tête standard. Il est relié à l'ordinateur, la consommation énergétique du sécateur est mesurée pour chaque coupe. Par cépage, dix coupes ont été pratiquées sur le premier entre nœud.

TEST DE RESISTANCE AU CISAILLEMENT

Consommation électrique du sécateur Electrocoupe F 3010

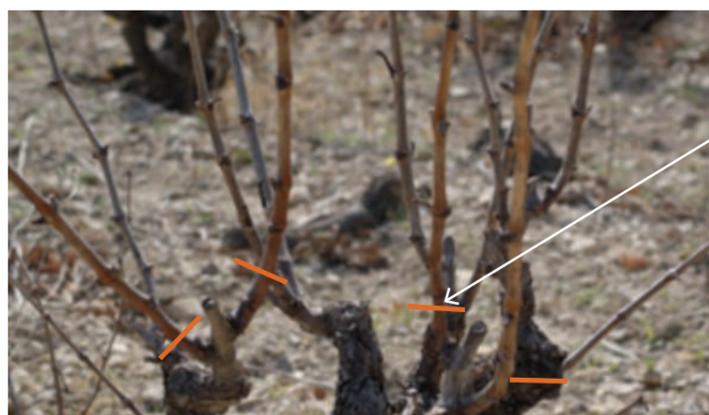
Cépage	Diamètre moyen des dix bois en mm	Consommation en joules pour 10 coupes	Consommation moyenne par coupe en joules	Ecart consommation à vide/coupe cépage en joules	Ecart consommation à vide/coupe cépage en %
Test consommation à vide		118,48	11,85	0,00	0,00%
MERLOT	8,40	125,17	12,52	0,67	5,35%
ROUSSANE	8,50	127,88	12,79	0,94	7,35%
PICPOUL	8,50	130,71	13,07	1,22	9,36%
GRENACHE ROUGE	8,50	130,79	13,08	1,23	9,41%
SYRAH	8,50	131,19	13,12	1,27	9,69%
UNI BLANC	8,50	131,75	13,18	1,33	10,07%
CINSAULT	8,50	131,91	13,19	1,34	10,18%
CLAIRETTE	8,50	132,06	13,21	1,36	10,28%
CHASSELAS	8,40	132,95	13,29	1,45	10,88%
CARIGNAN	8,50	134,94	13,49	1,65	12,20%
VIONIER	8,50	136,02	13,60	1,75	12,90%
BOURBOULENC	8,50	136,62	13,66	1,81	13,28%
CALADOC	8,50	136,95	13,70	1,85	13,49%
MOURVEDRE	8,50	137,04	13,70	1,86	13,54%
MARSELAN	8,50	137,22	13,72	1,87	13,66%
CABERNET SAUVIGNON	8,50	141,35	14,13	2,29	16,18%
ALICANTE	8,50	141,74	14,17	2,33	16,41%
TOTAL	144,30	2276,29	227,63	26,21	
MOYENNE	8,49	133,90	13,39	1,54	11,52%

La mesure de la consommation énergétique du sécateur permet d'objectiver les dires des agriculteurs. Le cépage grenache a une résistance au cisaillement plus faible que le cépage mourvèdre de l'ordre de 34 %. On peut donc considérer cette différence comme significative pour la vérification des hypothèses de travail.

ANNEXE 2

Choix des parcelles

Lors de la première campagne de mesure, pour vérifier notre hypothèse 3, nous avons choisi deux parcelles par cépage. Une parcelle avec des bois de l'année de diamètre important, une parcelle avec des bois de l'année de diamètre plus faible. Ce paramètre a été objectivé par la mesure du diamètre des bois pour 1 pied sur 20 et une ligne sur 2 sur les parcelles proposées par les exploitants.



Le diamètre des bois a été mesuré sur le deuxième entre nœud avec un pied à coulisse.

— Localisation des mesures

Rq : Nous avons mesuré le diamètre des bois de l'année, il ne s'agit pas du diamètre des coupes.

Caractéristiques des parcelles choisies

	Mourvèdre Gros	Mourvèdre Petit	Grenache Gros	Grenache Petit
Année de plantation	2006	1948	1963	1949
Type de taille	Gobelet	Gobelet	Royat	Gobelet
Diamètre moyen des bois en mm	11,31	8,56	11,27	8,70

Nous avons choisi des parcelles avec des modes de taille qui ne diffèrent pas en termes de type de coupe à réaliser. Quel que soit le type de conduite, près d'une coupe sur deux est effectuée sur des bois de deux ans et plus.

Caractéristiques des coupes



— Coupe de bois de l'année
— Coupe de bois de deux ans

Répartition des coupes

	Mourvèdre Gros	Mourvèdre Petit	Grenache Gros	Grenache Petit
Type de taille	Gobelet	Gobelet	Royat	Gobelet
Nombre de coupes vérifiées	482	508	498	496
Nombre de coupe de bois de 2 ans	212	229	238	221
% de coupe de bois de deux ans	43,98%	45,08%	47,79%	44,56%

ANNEXE 3

Niveau d'émission des séateurs pneumatiques

Séateur	Vigne	État de la lame	ahwx (m/s ²)	ahwy (m/s ²)	ahwz (m/s ²)	ahv (m/s ²)
Felco 73	Grenache	Séateur lame neuve	3,06	2,64	2,91	4,98
Campagnola Black star	Mourvèdre	Séateur lame neuve	3,21	3,86	2,28	5,98
Campagnola Black star	Grenache	Séateur lame neuve	3,12	3,18	2,16	4,95
Campagnola Black star	Mourvèdre	Séateur lame usée	3,38	3,54	2,05	5,31
Campagnola Black star	Grenache	Séateur lame usée	3,81	3,92	2,69	6,09
Campagnola Black star	Grenache	Séateur lame neuve	3,38	4,89	1,73	6,19
Felco73	Mourvèdre	Séateur lame neuve	2,49	3,03	1,3	4,13
Felco73	Mourvèdre	Séateur lame neuve	2,21	2,38	1,27	3,49
Felco73	Mourvèdre	Séateur lame usée	1,85	2,97	1,23	3,71
Felco73	Grenache	Séateur lame neuve	1,94	2,08	1,26	3,12
Lysam Sly	Grenache	Séateur lame neuve	2,61	3,72	1,29	4,72
Lysam Sly	Mourvèdre	Séateur lame neuve	4,27	5,27	2,25	7,14
Moyenne						4,98
Mini						3,12
Maxi						7,14

Ensemble des mesures réalisées avec les séateurs pneumatique lors de l'expérimentation

ANNEXE 4

Niveau d'émission de vibrations des sérateurs électriques

Différence lame neuve/ lame désaffilée

Sérateur	Lame	Etat lame	Cépage	Diamètre des bois de l'année en mm	Ahv
Pellenc lixion	Evolution 1	Neuve	Grenache	Gros diamètre (>11)	2,95
INFACO F3005	origine	Neuve	Grenache	Gros diamètre (>11)	2,58
INFACO F3010	origine	Neuve	Grenache	Gros diamètre (>11)	2,45
FELCO 800	origine angle 23°	Neuve	Grenache	Gros diamètre (>11)	2,90
Pellenc lixion	Evolution 1	Neuve	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,35
Pellenc lixion	Evolution 1	Neuve	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,13
Pellenc lixion	Evolution 1	Neuve	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,38
INFACO F3005	origine	Neuve	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,16
INFACO F3005	origine	Neuve	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,29
INFACO F3005	origine	Neuve	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,11
INFACO F3010	origine	Neuve	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,24
INFACO F3010	origine	Neuve	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,19
INFACO F3010	origine	Neuve	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,25
FELCO 800	origine angle 23°	Neuve	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,60
FELCO 800	origine angle 23°	Neuve	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,76
FELCO 800	origine angle 23°	Neuve	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,81
Moyenne lame neuve					2,45
Pellenc lixion	Evolution 1	Désaffilée	Grenache	Gros diamètre (>11)	3,20
INFACO F3005	origine	Désaffilée	Grenache	Gros diamètre (>11)	3,23
INFACO F3010	origine	Désaffilée	Grenache	Gros diamètre (>11)	3,28
FELCO 800	origine angle 23°	Désaffilée	Grenache	Gros diamètre (>11)	3,19
Pellenc lixion	Evolution 1	Désaffilée	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,52
Pellenc lixion	Evolution 1	Désaffilée	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,61
Pellenc lixion	Evolution 1	Désaffilée	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,51
INFACO F3005	origine	Désaffilée	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,46
INFACO F3005	origine	Désaffilée	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,59
INFACO F3005	origine	Désaffilée	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,42
INFACO F3010	origine	Désaffilée	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,38
INFACO F3010	origine	Désaffilée	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,29
INFACO F3010	origine	Désaffilée	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,37
FELCO 800	origine angle 23°	Désaffilée	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,93
FELCO 800	origine angle 23°	Désaffilée	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	3,79
FELCO 800	origine angle 23°	Désaffilée	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,93
Moyenne lame désaffilée					2,79
Ensemble des sérateurs 2012					Moyenne générale
					2,62
					Min
					2,11
					Max
					3,79

Sérateur	Cépage	Diamètre des bois de l'année en mm	Ahv (m/s²) lame neuve	Ahv (m/s²) lame désaffilée	Différence en %
Pellenc lixion	Grenache	Gros diamètre (>11)	2,95	3,20	8,47%
INFACO F3005	Grenache	Gros diamètre (>11)	2,58	3,23	25,19%
INFACO F3010	Grenache	Gros diamètre (>11)	2,45	3,28	33,88%
FELCO 800	Grenache	Gros diamètre (>11)	2,90	3,19	10,00%
Pellenc lixion	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,35	2,52	7,23%
Pellenc lixion	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,13	2,61	22,54%
Pellenc lixion	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,38	2,51	5,46%
INFACO F3005	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,16	2,46	13,89%
INFACO F3005	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,29	2,59	13,10%
INFACO F3005	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,11	2,42	14,69%
INFACO F3010	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,24	2,38	6,25%
INFACO F3010	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,19	2,29	4,57%
INFACO F3010	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,25	2,37	5,33%
FELCO 800	Grenache	Petit diamètre (<9)	2,60	2,93	12,69%
FELCO 800	Mourvèdre	Gros diamètre (>11)	2,76	3,79	37,32%
FELCO 800	Mourvèdre	Petit diamètre (<9)	2,81	2,93	4,27%
Moyenne			2,45	2,79	14,06%
Min			2,11	2,29	4,27%
Max			2,95	3,79	37,32%

Le désaffilage des lames a été réalisé par un seul opérateur. Il consiste à passer 5 fois un affiloir avec une pastille au carbure sur le fil de la lame sans pression. Les mesures prises en compte sont uniquement celle réalisées en Février 2012 avec le protocole de désaffilage ci-dessus.

ANNEXE 5

Comparaison du niveau d'émission de vibrations des sécateurs

	Sécatteurs neufs	
	N° série	Ahv (m/s ²)
FELCO 800	1981	1,40
FELCO 800	1983	1,41
FELCO 800	Test 1	1,57
FELCO 800	Test 2	1,50
FELCO 800	Test 3	2,14
Moyenne		1,60
PELLENC LIXION	Test MSA	1,33
PELLENC LIXION	596	1,53
PELLENC LIXION	597	1,51
PELLENC LIXION	598	1,98
PELLENC LIXION	2133	1,50
PELLENC LIXION	2134	1,43
PELLENC LIXION	2135	1,43
Moyenne		1,53
INFACO F3010	184973	1,44
INFACO F3010	185105	1,68
INFACO F3010	183555	1,32
INFACO F3010	182374	1,34
INFACO F3010	182375	1,74
INFACO F3010	182376	1,51
INFACO F3010	178165	1,36
Moyenne		1,48
Moyenne tous sécatteurs électriques		1,53

Les sécatteurs ont été mesurés neufs avec une lame neuve et affilée. La cadence est de 1 coupe toutes les deux secondes sur du tube PER 13/16. C'est le même opérateur qui a réalisé toutes les mesures.

ANNEXE 6

Résistance au cisaillement et niveau d'émission de vibrations

Cépage	Conduite taille	Palissage	Prétaillé	Nombre de coupes par minute	Ahv (m/s ²)	Diamètre des coupes en mm	Résistance au cisaillement
Grenache	Royat	Non pallissé	Non prétaillé	29	2,85	10,40	tendre
Mourvèdre	Royat	Non pallissé	Non prétaillé	29	2,79	10,28	dur
Roussanne	Royat	Palissé	Prétaillé	36	2,88	11,36	tendre
Bourboulenc	Royat	Palissé	Prétaillé	36	2,67	11,72	dur
Syrah	Royat	Palissé	Prétaillé	41	3,27	10,70	tendre +
Clairette	Royat	Palissé	Prétaillé	41	3,29	10,74	tendre
Grenache	Gobelet		Prétaillé	38	3,88	12,82	tendre
Mourvèdre	Gobelet		Prétaillé	38	3,67	12,46	dur
Roussanne	Royat	Palissé	Prétaillé	39	2,89	11,12	tendre +
Syrah	Royat	Palissé	Prétaillé	39	3,06	11,14	tendre

La résistance au cisaillement est interprétée en fonction du tableau de l'annexe 1. Les bois ayant une résistance inférieure à la valeur moyenne sont classés tendre, à partir de la moyenne et au-dessus sont classés dur.

ANNEXE 7

Diamètre moyen des coupes

Répartition des coupes en % en fonction du diamètre du sarment

diamètre des bois en mm	% de petite coupe	% de moyenne coupe	% de grosse coupe
8	99	0	0
10	90	10	0
12	10	90	0
14	1	99	0
16	3	90	7
18	0	0	100

Nous avons calibré des bois de vignes à l'aide d'un pied à coulisse par fagot de 50 unités. Chaque coupe a été réalisée sur le premier entre nœud en poste fixe.



Taille dite « à poste fixe »

ahv et diamètre

Tailleur	Sécateur	Cépage	Conduite taille	Prétaillé	Nombre de coupes par minute	ahv m/s ²	Diamètre moyen des coupes en cm
Expérimentateur	FELCO 801	Cinsault	Royat	Prétaillé	39	2,54	0,93
Expérimentateur	FELCO 801	Roussanne	Royat	Prétaillé	39	2,89	1,10
Expérimentateur	FELCO 801	Syrah	Royat	Prétaillé	39	3,06	1,12
Expérimentateur	FELCO 801	Grenache B	Royat	Prétaillé	39	3,21	1,14
Expérimentateur	FELCO 801	Vaccarosse	Royat	Prétaillé	39	3,28	1,20
Expérimentateur	FELCO 801	Mourvèdre	Gobelet	Prétaillé	39	3,67	1,25
Expérimentateur	FELCO 801	Grenache	Gobelet	Prétaillé	39	3,88	1,28

L'objectif étant de limiter les incertitudes pour avoir des mesures fiables afin de vérifier la corrélation entre diamètre des coupes et niveau d'exposition aux vibrations, nous avons pris des mesures avec un seul tailleur, à une même cadence pour des vignes prétaillées avec le même sécateur. La lame a été affilée entre chaque mesure.

ANNEXE 8

Caractéristiques vibratoires et entretien

N° série du Sécateur	Nombre de coupes au compteur	ahv m/s ²					
		En l'état		Avec lame neuve		Avec lame neuve après révision	
		A vide 1	Coupe tourillon 1	A vide 2	Coupe tourillon 2	A vide 3	Coupe tourillon 3
N°140732	383 161	1,16	2,37	1,5	2,18	1,23	2,37
N°175013	617 728	1,15	2,14	0,95	2,21	1,11	2,33
N°193946	164 096			1,08	2,14		
N°170046	230 144	1,25	2,58	1,05	2,21	0,95	2,13
N°165910	48 384	1,12	2,18	1,3	2,16		
N°193566	142 816	1,12	2,18	1,05	2,29		
N°170054	230 144	1,02	2,11	1,16	2,05	0,80	2,02
N°186517	256 768	1,09	1,83	0,96	1,86	0,87	2,02
N°204876	299 776	1,1	1,96	0,95	1,81	0,90	1,71
N°177971	328 960	1,12	1,93	1,02	1,97	1,09	2,20
N°143950	623 619	1,13	2,12	1,07	2,21		
N°179540	844 800	1,09	2,29	1,11	2,17	0,91	1,94
N°192574	798 736	1,24	2,80	1,26	2,35	0,88	2,06
N°166566	462 419	1,16	2,36	1,16	2,41		
N°166567	292 883	1,17	2,55	1,2	2,30		
Moyenne		1,13	2,29	1,12	2,15	0,97	2,09

Tous les sécateurs n'ont pu être révisés dans le temps imparti. Cependant, l'entretien annuel a globalement un rôle positif sur le niveau d'émission de vibrations.

Le niveau d'émission de vibrations en coupe sur les tourillons en hêtre de 10 mm de diamètre (2,29 m/s²) avec les sécateurs en l'état est sous-estimé. En effet, au cours de la manipulation, il est apparu que lorsque la lame est usée, il y a un phénomène de chasse. Le sécateur, lors de la fermeture des lames sur le bois, recule. La lame ne pénètre pas dans le bois. Pour compenser ce mouvement de l'outil, l'opérateur pousse le sécateur vers l'avant et applique de ce fait une pression plus importante sur le boîtier du sécateur. Le système main-bras de l'opérateur joue un rôle plus important dans la dispersion des vibrations. Le capteur, situé en arrière de la main, enregistre moins de vibrations. Après application du correctif (pression similaire sur le boîtier) la différence entre les deux premières mesures est d'au moins 0,25 m/s².

ANNEXE 9

Cadence de coupe et niveau d'émission

Cépage	Cadence lente		Cadence rapide		Diamètre des coupes en cm
	Ahv (m/s ²)	Nombre de coupe par minute	Ahv (m/s ²)	Nombre de coupe par minute	
Cinsault	2,54	38	2,83	44	0,93
Grenache	2,85	29	3,24	40	1,04
Mourvèdre	2,66	22	4,03	35	1,07
Cinsault	2,96	36	3,27	41	1,07
Grenache	2,60	22	3,29	41	1,08
Syrah	3,05	39	3,31	42	1,085
Syrah	2,63	33	2,89	39	1,106
Roussanne	2,88	36	3,06	39	1,136
Vacaresse	3,08	36	3,21	39	1,142
Syrah	2,43	28	3	30	1,16
Grenache	2,99	31	3,43	42	1,178
Grenache B	2,89	34	3,75	38	1,188
Vaccarresse	3,13	29	3,28	39	1,196
Mourvèdre	3,05	27	3,84	37	1,25
Grenache	3,23	33	3,39	37	1,278
Mourvèdre	3,56	36	3,88	39	1,304
Grenache	4,07	28	4,17	31	1,334

Pour un même cépage, avec un diamètre de coupe identique, nous avons cherché des cadences de taille différentes. La différence doit être au moins égal à 3 coupes par minute (+ de 150 coupes par heure) soit environ 10%.

ANNEXE 10

Tailleur et niveau d'émission

Tailleur	Sexe	Sécateur	Cépage	Conduite taille	Type de Taille	Nombre de coupes par minute	Ahv m/s ²
Salarié permanent	Homme	FELCO 801	Grenache	Gobelet	Non prétaillé	14	3,43
Exploitant agricole	Homme	FELCO 801	Grenache	Gobelet	Non prétaillé	20	3,43
Enseignante	Femme	FELCO 801	Grenache	Gobelet	Non prétaillé	14	2,45
Expérimentateur	Homme	FELCO 801	Grenache	Gobelet	Prétaillé	28	3,07
Salarié permanent	Homme	INFACO F3010	Grenache	Gobelet	Non prétaillé	24	3,12
Exploitant agricole	Homme	INFACO F3010	Grenache	Gobelet	Non prétaillé	24	3,85
Enseignante	Femme	INFACO F3010	Grenache	Gobelet	Non prétaillé	14	2,32
Expérimentateur	Homme	INFACO F3010	Grenache	Gobelet	Prétaillé	28	2,46
Salarié permanent	Homme	FELCO 801	Syrah	Royat	Non prétaillé	17	2,93
Exploitant agricole	Homme	FELCO 801	Syrah	Royat	Non prétaillé	19	3,41
Enseignante	Femme	FELCO 801	Syrah	Royat	Non prétaillé	16	2,64
Expérimentateur	Homme	FELCO 801	Syrah	Royat	Non prétaillé	28	2,65
Salarié permanent	Homme	INFACO F3010	Syrah	Royat	Non prétaillé	20	2,53
Exploitant agricole	Homme	INFACO F3010	Syrah	Royat	Non prétaillé	22	3,61
Enseignante	Femme	INFACO F3010	Syrah	Royat	Non prétaillé	18	2,53
Expérimentateur	Homme	INFACO F3010	Syrah	Royat	Non prétaillé	25	2,35

Nous avons utilisé les deux sécateurs qui donnent le nombre de coupes réalisées pour chaque manipulation. Cette donnée est indispensable au calcul de la cadence avec précision.

ANNEXE 11

Caractéristiques des séateurs

Marque	Modèle	N° de Série	Energie	Coupe Maxi en mm	Poids en grammes	Vibration
INFACO	Electrocoup F3005	71678	Electrique	40	890	NC
INFACO	Electrocoup F3010	172114	Electrique	40	830	NC
PELLENC	Lixion Evolution	26K03343	Electrique	35	787	< 2,5 m/s²
FELCO	800	G0671	Electrique	30	820	NC
LISAM	Sly	Lot n°1	Pneumatique	30	550	NC
FELCO	73	110377	Pneumatique	30	710	NC
CAMPAGNOLA	Black Star		Pneumatique	31	623	NC
FELCO	801	Essais MSA	Electrique	30	745	< 2,5 m/s²
ZANON	TIGER ZT 40	1040085121302175	Electrique	35	880	NC
ARVIPO	PS 60		Electrique	40	895	NC

ANNEXE 12

Ensemble des mesures réalisées sur les séateurs électriques

niveau A (8)	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	
28	166	174	180	191	200	211	220	230	241	250	260	270	280	290	300	310	320	330	341	350	360	373	384	401	416	425	437			461
25	169	174	181	192	202	211	220	230	242	251	260	270	280	290	300	310	321	331	342	351	361	374	385	403	417					
23		175	182	192	203	212	221	230	242	252	260	272	280	290	301	312	323	332	343	352	361	375	388	407						
22		176	185	194	203	213	221	231	242	252	260	272	281	291	302	312	323	332	343	353	362	379								
20		176	185	195	204	213	221	232	243	253	261	272	281	291	303	312	324	335	343	354	365									
20		178	186	198	205	214	221	232	243	253	261	273	281	291	303	313	324	335	343	355	366									
20		178	187	198	205	215	222	233	245	254	261	273	281	291	305	313	325	336	344	356	367									
17		188	199	206	216	223	233	245	255	261	275	282	292	305	315	326	344	356												
14		199	206	217	223	233	246	255	261	275	283	292	305	315	327															
13		209	217	223	233	246	257	261	276	285	293	306	316	328																
12		217	224	234	247	258	262	276	286	293	306	316	329	328																
11		218	224	234	247	258	262	277	287	293	306																			
11		219	224	235	247	258	263	277	287	293	306																			
11		219	225	235	247	258	264	277	287	293	306																			
10		219	225	235	248	259	264	277	287	295	307																			
10		219	226	235	248	259	265	277	287	295	307																			
10		219	227	235	249	259	265	278	287	295	308																			
8		227	235	249			266	279	288	296	308																			
8		228	237	249			266	279	288	297	308																			
6		228	237	250			266		289	299	309																			
4		229	237				266		289																					
4		229	237				267		289																					
3		229	237				267		289																					
2		238					268		289																					
2		238					268		289																					
2		238					269		289																					
2		238					269		289																					
2		239					269		289																					
1		239					269		289																					
1		239					269		289																					
324																														
Moyenne																														
Ecart type																														

ANNEXE 13

Détermination du niveau moyen d'exposition

Valeur moyenne des 324 mesures : 2,72 m/s²

Différence entre lame désaflée et lame affilée: + 14,06 %

En référence au module « Les troubles musculo-squelettiques du membre supérieur en viticulture : comment les prévenir ? » de la CCMSA, l'affilage doit être réalisé au moins une fois par heure. Les lames sont donc considérées désaflées après 1 heure de travail.

Les Troubles Musculo-Squelettiques du membre supérieur en viticulture

1 Les TMS 2 Les aspects anatomiques 3 Les conséquences 4 Les causes 5 Le matériel 6 Les autres perspectives

Conseils pratiques à retenir

- Choisir des outils adaptés à sa morphologie (poids, taille du manche, gaucher/droitier, système de commande, équilibrage, démultiplication...),
- Affiler régulièrement (minimum une fois toutes les heures),
- Entretenir ses outils (affûtage, affilage, graissage...),
- Utiliser les outils complémentaires (scie égoïne, fourreau, coupe souche...),
- ...

Séquence 5 : Une des perspectives de prévention : le matériel

1. Les axes de prévention possibles concernant le matériel
2. Le choix du sécateur
3. La constitution du sécateur
4. L'importance du pouvoir de coupe
5. La différence affilage/affûtage
6. Les différents états de la lame
7. Les outils de l'affilage
8. L'affilage
9. Conseils pratiques à retenir

Annexes

MSA santé famille retraite services

Les lames affilées 1 ou deux fois par jour le sont 1/7° ou 2/7° du temps pour une journée de 7 heures.

En fonction de ces paramètres, le niveau moyen peut-être augmenté de :

$$2,72\text{m/s}^2 \cdot (80\% \cdot 5,5/7) \cdot 14,06\% = 0,24\text{ m/s}^2$$

Aux vues de nos résultats, des pratiques des opérateurs en matière d'affûtage et d'affilage, nous pouvons estimer par extrapolation le niveau moyen à 3m/s².

ANNEXE 14

Investigation et quantification des facteurs biomécaniques

Résumé

Auteurs : MSA de la Saône et Loire et du Rhône, METROERGO



Octobre 2008

* EXTRAIT : Facteurs d'influence sur la contrainte biomécanique

Affilage : l'utilisation d'un sécateur mal affilé, par rapport à un sécateur affilé entraîne une augmentation de la pression exercée, de la durée de coupe (+16%) et, de ce fait, de la contrainte biomécanique.

Diamètre de la branche : la contrainte articulaire et la durée de coupe (+11%) sont supérieures pour des branches de plus de deux ans par rapport à un bois de 2 ans. Avec l'apparition du sécateur électrique, les viticulteurs et salariés viticoles ont tendance à couper tout type de branches, quelque soit leur diamètre, même les bois de plus de deux ans.

Conclusions

L'objectif de cette étude était de quantifier l'impact de l'utilisation de sécateurs électriques sur les facteurs de risque biomécaniques d'apparition des TMS du membre supérieur.

L'utilisation des sécateurs électriques se caractérise par des contraintes biomécaniques pouvant générer des TMS liées à la conception de l'outil et aux caractéristiques de la tâche (répétitivité, froid, ...). Le passage du sécateur manuel au sécateur électrique a entraîné un déplacement des contraintes (atteintes de la partie proximale, effort statique).

Même avec l'usage du sécateur électrique, l'activité de taille reste contraignante (contraintes posturales, musculaires, répétitivité, durée de la tâche, port des batteries, ...).

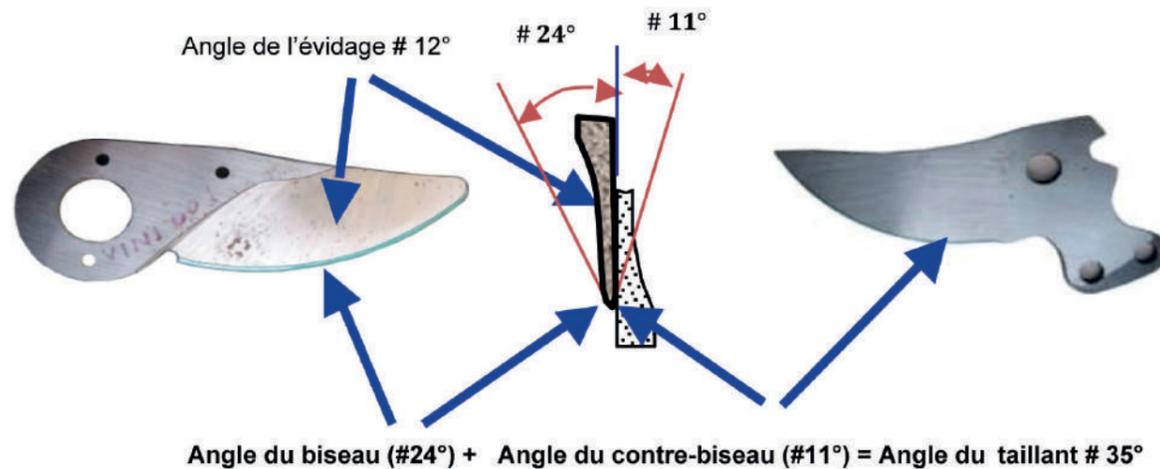
Il ne faut donc pas négliger les principes de prévention définis pour le sécateur manuel (entretien de l'outil, alternance des postures, hygiène de vie, échauffement étirement, outil adapté pour chaque type de branche...). Avec l'apparition du sécateur électrique, les utilisateurs négligent notamment l'affilage et coupe tout type de branches, ce qui a pour conséquence d'augmenter encore la contrainte biomécanique.

ANNEXE 15

Affilage et désaffilage des lames

Comment sont constituées les lames

Matière : acier trempé



Le biseau et le contre biseau sont réalisés par l'affûtage.

L'affilage consiste à entretenir le fil de la lame (extrémité du biseau). Il est réalisé à l'aide d'un affiloir ou d'une pierre minérale. Au cours de la journée, il doit être effectué au moins une fois par heure.

Pour notre étude, c'est toujours le même technicien qui a réalisé l'affilage ou le désaffilage des lames à l'aide d'un affiloir. L'opérateur est formé à l'affûtage et à l'affilage des outils tranchants. Lors du désaffilage des lames, l'affiloir est passé sans pression sur le fil de la lame 5 fois. Cette manipulation émousse le fil mais lui garde un pouvoir de coupe.

Si l'affilage n'est pas réalisé régulièrement (au moins une fois par heure), il est nécessaire de passer plus de temps pour affiler les lames. Le fil étant trop dégradé, il est alors réalisé un pseudo affûtage plus qu'un affilage proprement dit. Ce travail, réalisé avec un affiloir, ne permet pas d'obtenir un tranchant parfait. Il faut plusieurs affilages sur ce type de lame pour obtenir un résultat impeccable. L'affilage semble moins performant sur une lame dont le pouvoir de coupe est mal entretenu avec une fréquence insuffisante.

Lors des mesures en équipe de taille, on retrouve dans notre étude l'impact d'un entretien régulier. L'équipe qui n'est jamais exposée au-dessus du seuil d'action (2,50 m/s²), est la seule équipe à maîtriser l'affûtage et l'affilage des outils tranchants. Elle réalise l'affilage très fréquemment (plus d'une fois par heure) et un entretien journalier du sécateur (graissage, nettoyage des lames, réglage de la lame, ...). L'affûtage est réalisé dès que nécessaire.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier :

Les fabricants de sécateurs énergisés qui nous ont prêté du matériel et apporté un appui technique
Société INFACO : MM BLATCHE ET PRADEILLES
Société PELLENC : MM GILBERT et PREVOSTO
Société FELCO : M TIECHE

Les viticulteurs pour la mise à disposition des parcelles et de leurs salariés

Domaine de Nalys : Mme OGIER
Domaine de la Combe Juliere : M ROBERT
Domaine des Escaravailles : M FERRAN
Domaine du Bramadou : M CHAVE
EARL le Craillon : M GOLIARD
EARL les Avocats : M NICOLAS
Château de la Courançonne : M MEFFRE
Domaine Marcel Richaud : M RICHAUD
Domaine du Faucon Doré : M BEAUMONT
SCEA Domaine des Grandes Garrigues : Mme MERCIER CHARVIN
Ferme Bernard Marion : M BERNARD
Domaine de Verquière : M CHAMFORT
EARL Château des Hautes Ribes : M CLAUDEL

L'INRS : M CARUEL

La société Vibr'Action + MM GALMICHE et TISSERRAND

Coordination et rédaction :

Claude ROZET MSA Alpes Vaucluse
Morgan BRUN MSA Provence Azur

La MSA intervient pour la Santé-Sécurité au Travail des exploitants, salariés, employeurs et chefs d'entreprises agricoles.

Elle agit pour améliorer les conditions de travail et prévenir les risques en agriculture.

Les conseillers en prévention, les médecins du travail et les infirmiers de santé au travail sont là pour vous aider à trouver des solutions de prévention adaptées à votre situation.



ssa.msa.fr

La bibliothèque en ligne
de la prévention agricole



L'essentiel & plus encore