



M. RAYNAL - M. LYS
ITV Bordeaux-Blanquefort

**BANC D'ESSAI COMPARATIF D'EFFEUILLAGE MECANISE EN BORDELAIS
– CAMPAGNE 1998 –**

BANC D'ESSAI COMPARATIF D'EFFEUILLAGE MECANISE EN BORDELAIS	1
– CAMPAGNE 1998 –	1
DESCRIPTION DE L'ACTION	1
MOTIVATIONS ET OBJECTIFS (RAPPEL)	2
PROTOCOLE EXPERIMENTAL	2
Dispositif expérimental	2
Modalités comparées	3
Les contrôles effectués	3
RESULTATS ET OBSERVATIONS	4
DESCRIPTIF DU GABARIT DE VEGETATION	4
CONDITIONS D'UTILISATION DES EFFEUILLEUSES	4
MODIFICATIONS APORTEES PAR LES CONSTRUCTEURS ENTRE LES DEUX TAUX D'EFFEUILLAGE	4
ANALYSES STATISTIQUES DES RESULTATS	6
Effeuillage optimum.	6
Effeuillage maximum	10
Incidence de la variation des réglages sur taux d'effeuillage et de blessures sur grappes	14
CONCLUSION	15
<i>FIGURE 1 : TAUX D'EFFEUILLAGE EN FONCTION DE LA FREQUENCE DE GRAPPES BLESSEES POUR LE REGLAGE OPTIMUM.</i>	9
<i>FIGURE 2 : FREQUENCE DE GRAPPES BLESSEES EN FONCTION DU TAUX D'EFFEUILLAGE MAXIMUM RECHERCHE.</i>	13
<i>FIGURE 3 : VARIATION DE LA FREQUENCE DE GRAPPES BLESSEES EN FONCTION DE LA VARIATION DU TAUX D'EFFEUILLAGE</i>	14
<i>TABLEAU 1 : RECAPITULATIF DES MODELES COMPARES</i>	3
<i>TABLEAU 2 : GABARIT DE VEGETATION (CM)</i>	4
<i>TABLEAU 3 : NOTATIONS REALISEES SUR LES EFFEUILLEUSES</i>	5
<i>TABLEAU 4 : FREQUENCE DE FEUILLES TOUCHEES PAR L'EFFEUILLAGE (%)</i>	6
<i>TABLEAU 5 : INTENSITE DE DESTRUCTION DU FEUILLAGE (%)</i>	7
<i>TABLEAU 6 : FREQUENCE DE GRAPPES BLESSEES PAR L'EFFEUILLAGE (%)</i>	7
<i>TABLEAU 7 : INTENSITE DE DESTRUCTION DE LA RECOLTE PAR L'EFFEUILLAGE (%)</i>	8
<i>TABLEAU 8 : FREQUENCE THEORIQUE DE GRAPPES BLESSEES POUR UN EFFEUILLAGE TOTAL (%)</i>	8
<i>TABLEAU 9 : FREQUENCE DE FEUILLES TOUCHEES PAR L'EFFEUILLAGE (%)</i>	10
<i>TABLEAU 10 : INTENSITE DE DESTRUCTION DU FEUILLAGE (%)</i>	10
<i>TABLEAU 11 : FREQUENCE DE GRAPPES BLESSEES PAR L'EFFEUILLAGE (%)</i>	11
<i>TABLEAU 12 : INTENSITE DE DESTRUCTION DE LA RECOLTE PAR L'EFFEUILLAGE (%)</i>	12
<i>TABLEAU 13 : FREQUENCE THEORIQUE DE GRAPPES BLESSEES POUR UN EFFEUILLAGE TOTAL (%)</i>	12

DESCRIPTION DE L'ACTION

Motivations et objectifs (rappel)

Pour répondre à la demande des professionnels, un banc d'essai comparatif d'effeuilleuses mécanisées a été mis en place à Lugon (33) en juillet 1997. L'objectif de ce banc d'essai est de comparer l'efficacité des effeuilleuses mécanisées, en corrélation du taux de blessures occasionné par le système d'effeuillage mais aussi d'apprécier la facilité de réglage des machines dans l'objectif d'aboutir à deux taux d'effeuillages, léger et fort, pré définis. Cet essai est reconduit en 1998 au travers d'une collaboration avec la cave coopérative de Rauzan. Les objectifs fixés cette année sont de :

- Confirmer les résultats observés en 1997.
- Tester les nouveaux appareils arrivés depuis l'an passé sur le marché.
- Améliorer l'appréciation de la maîtrise du taux d'effeuillage des différents appareils par une accentuation des réglages demandés aux constructeurs.

Il est important de rappeler que les résultats de ce banc d'essai ne permettent en aucune manière de porter un jugement définitif sur tel ou tel type de matériel ou technique : l'analyse objective de l'ensemble des résultats ne permet qu'un constat, pour un réglage d'un modèle d'effeuilleuse, pratiqué le même jour et donc à un stade végétatif identique sur l'ensemble de l'essai, sur un cépage et un mode de conduite donné. Toute extrapolation visant à tirer de ces observations des conclusions générales sur la performance d'une technique d'effeuillage par rapport à une autre serait donc abusive, dangereuse, et ne saurait entraîner la responsabilité morale de l'ITV France.

Protocole expérimental

Le protocole expérimental, précisant les objectifs visés, les mesures effectuées, a été transmis aux différents constructeurs avant l'essai. Un bon d'engagement leur a été demandé, spécifiant leur participation ou mandatant leur distributeur local désigné pour les représenter. Tous les constructeurs présents sur le marché ont accepté de participer au banc d'essai, à l'exception d'un seul qui, comme en 1997, a décliné notre proposition.

Le protocole expérimental est identique à celui de 1997; seul l'énoncé des objectifs d'effeuillage demandé aux constructeurs a été modifié comme indiqué ci - après, de manière à accentuer les écarts de réglages et mieux apprécier les possibilités des différentes machines :

1997 : effeuillage léger – 30 à 50% de suppression de surface foliaire dans la zone des grappes
effeuillage fort – 50 à 70% " " " " " "

1998 : effeuillage optimum – l'objectif est d'occasionner un minimum de blessures sur grappes
(tout en enlevant le maximum de feuilles)
effeuillage maximum - l'objectif est d'enlever le maximum de feuilles
(tout en blessant le moins possible la récolte)

Dispositif expérimental

L'essai est réalisé sur une parcelle de Merlot sur SO4, plantée en 1978 (bloc réglage optimum) et 1988 (bloc effeuillage maximum). La parcelle est conduite en Guyot simple en arcure. La densité de plantation est de 2420 pieds par hectare (3.3 m x 1.25m). L'effeuillage est réalisé sur une seule face par rang (côté de moindre ensoleillement). L'essai est conduit sur demi rangs sur lesquels la disposition des appareils est décidée par tirage aléatoire. Chaque modalité étudiée est séparée de ses voisines par un rang de garde non effeuillé. La zone contrôlée comporte 50 ceps sur 60 mètres de long. Sur chacune des modalités, 200 feuilles pré-repérées et 200 grappes sont observées et notées en aveugle par 4 équipes.

Modalités comparées

Tableau 1 : Récapitulatif des modèles comparés

N° modalité	Marque / modèle / type / référence /	Abréviation retenue	Taux d'effeuillage
7	Effeillage manuel	Man	Optimum – Maximum
1	Carteau / portée avant / 2 têtes / /	Cart	Optimum – Maximum
2	Avidor / prima / 2 têtes / électronique /	Avid é	Optimum – Maximum
3	Ero / / 1 tête à droite / /	Ero	Optimum – Maximum
4	Souslikoff / EFF 51 / thermique / /	Sous 51	Optimum – Maximum
5	Avidor / prima / 2 têtes / mécanique /	Avid m	Optimum – Maximum
6	Souslikoff – EFF 53 – thermique / /	Sous 53	Optimum – Maximum
8	Ferrand – FE 2110 / / /	Ferr	Optimum – Maximum
9	Galvit / 2 / HGI / Galvit /	Galv	Optimum – Maximum
10	Clémens / Clémens / aspiration / /	Clém	Optimum – Maximum
11	Tordable – l'intello / REI / /	Tord	Optimum – Maximum
12	Ecojet / ITH 1 / interligne / /	Ecoj	Optimum – Maximum

La comparaison de ces modalités est faite sur les deux taux d'effeuillage pré-définis et fixés aux constructeurs. Les réglages des effeuilleuses sont réalisés par les constructeurs au cours d'essais préliminaires. Les procédures de réglage (vitesse d'avancement, hauteur de la tête d'effeuillage, angles d'attaque,...) sont mesurées et notées.

Les contrôles effectués

- Vitesse de travail chronométrée sur soixante mètres.
- Régime moteur
- Les divers réglages des effeuilleuses et notamment les modifications apportées entre les deux taux d'effeuillage.
- Gabarit de la végétation :
 - Bas et haut de la végétation par rapport au sol.
- Hauteur effeuillée par rapport au sol :
 - Bas et haut de la tête d'effeuillage.
 - Bas et haut de la zone effeuillée.
- Taux d'effeuillage évalué par la méthode de repérage préalable de feuilles de dimension standard, à l'aide de peinture. Mesure cep par cep sur cinquante pieds consécutifs, sur quatre feuilles repérées par cep sur deux positions (basse et haute). Un taux de destruction est donné en pourcentage pour chaque feuille observée, soit un total de 200 mesures par modalité
- Taux de blessures occasionnées par l'effeuillage sur quatre grappes par cep sur cinquante pieds consécutifs, soit un total de 200 mesures par modalité. Contrairement à l'année passée, les grappes notées ne sont pas pré-repérées avant passage de l'effeuilleuse. Le taux de destruction de chaque grappe est évaluée en pourcentage.

Les notations sont faites par 4 groupes indépendants composés d'un notateur et d'un observateur (ITV, CA 33, FD CUMA 33, Cave coopérative de Rauzan). Ainsi 50 feuilles et grappes sont notées par chaque groupe de notateurs pour chacune des modalités comparées.

RESULTATS ET OBSERVATIONS

Descriptif du gabarit de végétation

Tableau 2 : Gabarit de végétation (cm)

Critère mesuré	Mesure (cm)
Distance haut feuillage – sol (cm)	206
Distance bas feuillage – sol (cm)	68
Distance haut grappes – sol (cm)	129
Distance bas grappes – sol (cm)	72
Epaisseur bas feuillage (cm)	58
Epaisseur haut feuillage (cm)	50
Epaisseur de récolte (cm)	30

Les valeurs indiquées dans le tableau ci dessus résultent de 20 mesures effectuées sur l'ensemble de la parcelle d'essai. Les contrôles effectués sur les machines permettent de situer la position de la tête d'effeuillage par rapport à ce gabarit de végétation.

Conditions d'utilisation des effeuilleuses

Le tableau n° 3 situé en page suivante regroupe l'ensemble des observations effectuées, pour chaque appareil et chaque réglage, juste avant effeuillage des modalités optimum et maximum (ou pendant pour la vitesse de travail). Une panne d'anémomètre explique l'absence de mesures des vitesses d'air au niveau de la tête d'effeuillage que nous avons envisagé de réaliser pour tous les modèles qui utilisent ce vecteur.

Modifications apportées par les constructeurs entre les deux taux d'effeuillage

Carteau : - Position du couple tracteur - effeuilleuse par rapport à l'axe de végétation : déterminé uniquement par le chauffeur.

Clémens : - Position du couple tracteur - effeuilleuse par rapport à l'axe de végétation : déterminé uniquement par le chauffeur.

Ero : - Distance entre le palpeur de végétation et organe effeuilleur.
- Vitesse de travail modifiée mais pas dans un objectif d'intensification de l'effeuillage.

Ferrand : - Régime moteur, vitesse de travail
- Vitesse de rotation de la prise de force et hélice.

Avidor sensibilités électronique et mécanique : - Régime moteur, prise de force, vitesse de travail
- Pression de la tête d'effeuilleuse sur la végétation.

Tordable : - Distance entre le palpeur de végétation et organe effeuilleur.

Souslikoff 51 : - Vitesse d'avancement.
- Pression de gaz

Souslikoff 53 : - Vitesse d'avancement.
- Pression de gaz
- Pression de la tête d'effeuilleuse sur la végétation.

Ecojet : - Vitesse de travail
- Vitesse de rotation des buses

Galvit : - Vitesse de travail
- Pression d'air pulsé sur le feuillage.

Tableau 3 : notations réalisées sur les effeuilleuses

Machine	Cart	Cart	Clem	Clem	Ero	Ero	Ferr	Ferr	Avi. E	Avi. E	Avi. M	Avi. M	Tord	Tord	So.51	So.51	So.53	So.53	Ecoj	Ecoj	Galv	Galv
N° de modalité	1	1	10	10	3	3	8	8	2	2	5	5	11	11	4	4	6	6	12	12	9	9
Modalité d'effeuillage	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi	Opti	maxi
Régime moteur (tr/mn)	-	-	1770	1780	1800	1800	1500	1600	1650	1700	2200	2300	1800	1800	-	-	-	-	2200	2200	1640	1650
Prise de force (tr/mn)	450	450	-	-	-	-	390	418	453	492	507	548	538	538	-	-	-	-	534	534	390	390
Vit.de travail (km/h)	2.7	2.8	2.6	2.6	0.7	1.9	3.2	3.4	4.2	3.2	5.0	3.2	2.8	2.8	2.4	2.1	2.4	2.6	3.1	2.1	2.4	1.3
D. sol – haut tête eff . (cm)	135	135	133	133	145	145	129	129	135	130	128	126	138	136	124	124	123	123	130	130	124	133
D. sol – bas tête eff . (cm)	87	87	78	78	85	85	88	88	91	87	85	84	86	86	87	87	72	72	92	92	91	96
Angle tête eff/axe du rang (°) (plan horizontal)	8	8	0	0	-	-	0	0	3.5	5	5	5	7 à 23	7 à 23	0	0	0	0	5	5	7	7
Angle tête eff/plan palissage (°) (plan vertical)	18	18	4	4	14	14	12	12	30	32	31	31	15	15	+ -11	+ - 11	+ - 11	+ - 11	6	6	10	10
Pression tête eff. Sur la végétation (kg)	6.7	6.7	8.0	8.0	3.5	3.5	2.3	2.3	0.5	1.9	0.9	2.2	h=0.95 b=0.84	h=0.95 b=0.84	1.6	1.5	3.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pression d'air mano. (bar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	0.8	0.6	0.7
D. palpeur/organe effeuilleur (cm)	/	/	av=3.5 ar=2.7	av=3.5 ar=2.7	1	3	4	4	-	-	-	-	h=7 b=5	h=3.5 b=4.5	16	16	21	21	-	-	-	-
Angle grille protection/sol (plan vertical)	/	/	av=12 ar=8	av=12 ar=8	-	-	14	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Posi variateur circuit huile	/	/	/	/	/	/	-	-	-	-	-	-	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
Vit. rotation buses (tr/mn)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	520	650	510	510
Débit circuit hydrau (l/mn)	/	/	25*	25*	/	/	-	-	-	-	-	-	/	/	-	-	-	-	-	-	-	-
Vitesse rotation couteaux (tr/mn)	/	/	av=33 05 ar=33 15	av=33 05 ar=33 15	1800	1800	1377	1510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pression de gaz (mbar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	240	200	240	-	-	-	-
Posi variateur sensibilité	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

av : Tête d'effeuilleuse positionnée à l'avant de la machine / : donnée manquante
 ar : Tête d'effeuilleuse positionnée à l'arrière de la machine Vit : vitesse
 h : Haut de la tête d'effeuilleuse D : distance
 b : Bas de la tête d'effeuilleuse
 * : données constructeurs Posi. : position
 - : donnée non mesurée car inadaptée au mode d'effeuillage

Remarque : la vitesse de travail pour l'effeuillage manuel est respectivement de 0.11 et de 0.15 km/h pour les modalités "optimum" et "maximum", soit respectivement 27 heures et 20 heures par hectare pour les modalités optimum et maximum.

Analyses statistiques des résultats

Cinq variables sont soumises à une analyse de variance avec comparaison des moyennes à l'aide du test de Newman Keuls au seuil de risque de 5 % (N.K. 5 %). Ces variables sont :

- La fréquence de feuilles touchées lors de l'effeuillage.
- L'intensité de destruction des feuilles occasionnées par l'effeuillage.
- La fréquence de grappes blessées lors de l'effeuillage.
- L'intensité de blessures sur grappes occasionnées par l'effeuillage.
- Le rapport : fréquence de grappes blessées sur taux d'effeuillage exprimé en pourcentage. Ce rapport indique la fréquence théorique de blessures sur grappes pour un effeuillage total de la zone fructifère.

Les résultats présentés sont ceux issus de l'analyse statistique réalisée par taux d'effeuillage (un facteur contrôlé : mode d'effeuillage, sur 4 répétitions). Les analyses ont également été effectuées globalement :

- Avec un facteur contrôlé sur 8 répétitions (4 sur effeuillage optimum et 4 sur effeuillage maximum).
- Avec deux facteurs contrôlés (mode d'effeuillage et taux d'effeuillage).

Les différents tableaux quantitatifs sont toujours présentés par classement dégressif effectué sur la moyenne des quatre répétitions.

Effeillage optimum.

Tableau 4 : Fréquence de feuilles touchées par l'effeuillage (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
3	Ero	88.5	92.3	84.6	92.3	89.4	A
6	Souslikoff 53	76.9	86.5	96.2	95.8	88.9	A
8	Ferrand	86.5	82.7	92.3	90.4	88.0	A
12	Ecojet	84.6	84.6	84.6	86.5	85.1	A
4	Souslikoff 51	75.0	78.9	80.8	93.8	82.1	A
5	Avidor réglage mécanique	56.9	90.4	75.0	96.2	79.6	A
7	Effeillage manuel	69.2	80.8	82.7	76.9	77.4	A
10	Clemens	82.7	67.3	65.4	86.5	75.5	A
2	Avidor réglage électronique	71.2	80.4	60.4	86.5	74.6	A
11	Tordable	57.7	70.8	67.3	96.2	73.0	A
9	Galvit	57.7	42.3	76.9	88.5	66.3	A
1	Carteau	30.8	50.0	46.2	59.6	46.6	B

L'analyse de variance réalisée sur la fréquence de feuilles touchées par l'effeuillage met en évidence une différence hautement significative entre appareils. Deux groupes distincts sont mentionnés par le test Newmann-Keuls : le nombre de feuilles atteintes sur la modalité n°1 (47% - effeuilleuse Carteau) est significativement inférieur à celui de l'ensemble des autres modalités. Au sein de ce groupe homogène, la fréquence varie de 66% à 89% de feuilles atteintes. L'effeuillage manuel, avec 77% de feuilles touchées, se situe juste dans la médiane de ce groupe homogène.

Tableau 5 : Intensité de destruction du feuillage (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
7	Effeuilage manuel	67.0	75.9	80.6	76.9	75.1	A
11	Tordable	36.4	49.2	48.0	81.6	53.8	B
8	Ferrand	48.2	48.3	56.4	59.4	53.1	B
6	Souslikoff 53	40.0	55.5	55.0	58.7	52.3	B
5	Avidor réglage mécanique	34.5	49.1	52.9	67.1	50.9	B
12	Ecojet	54.4	42.1	47.9	38.9	45.8	B
2	Avidor réglage électronique	44.4	38.0	36.9	60.9	45.0	B
3	Ero	40.1	45.3	36.8	37.9	40.0	B
4	Souslikoff 51	31.5	37.8	42.7	47.0	39.7	B
10	Clemens	31.8	32.2	34.9	50.8	37.4	B
9	Galvit	28.7	15.8	45.8	47.8	34.5	B
1	Carteau	14.7	22.3	18.2	20.6	19.0	C

Dans ce tableau, l'analyse de variance très hautement significative, montre clairement une réponse très homogène de l'ensemble des effeuilleuses : seule la modalité n°1 – Carteau - avec 19% de suppression de la surface foliaire de la zone de récolte se démarque de l'ensemble des autres effeuilleuses qui constituent un groupe statistiquement homogène avec des taux d'effeuillage variant de près de 35 à 54% . A l'opposée, la référence manuelle se démarque par le taux d'effeuillage particulièrement élevé que cette technique autorise dans l'objectif d'un respect de l'intégrité de la récolte.

Tableau 6 : Fréquence de grappes blessées par l'effeuillage (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
12	Ecojet	28.9	38.5	34.6	59.6	40.4	A
8	Ferrand	25.0	32.7	34.6	32.7	31.3	A
9	Galvit	19.2	11.5	42.3	50.0	30.8	A
3	Ero	9.6	5.8	9.6	15.4	10.1	B
5	Avidor réglage mécanique	5.8	0.0	13.5	21.2	10.1	B
2	Avidor réglage électronique	7.7	7.7	4.2	13.5	8.3	B
10	Clemens	15.4	9.6	1.9	5.8	8.2	B
7	Effeuilage manuel	1.9	7.7	7.7	1.9	4.8	B
11	Tordable	0.0	2.1	1.9	7.7	2.9	B
1	Carteau	0.0	5.8	1.9	0.0	1.9	B
6	Souslikoff 53	0.0	0.0	0.0	2.1	0.5	B
4	Souslikoff 51	0.0	0.0	1.9	0.0	0.5	B

L'analyse de variance, très hautement significative, sépare l'ensemble des modalités en deux groupes distincts : trois modalités – n° 9-Galvit, 8-Ferrand, et 12-Ecojet – dépassent le seuil de 30 % de grappes blessées. On remarque que sur ces trois modalités, deux utilisent le procédé d'effeuillage pneumatique, qui vraisemblablement mérite d'être appliqué beaucoup plus tôt en saison, ou de manière plus légère à une date aussi tardive. La fréquence de grappes blessées varie de près de 1% pour le procédé thermique à 10% pour deux procédés mécaniques différents au sein du deuxième groupe homogène.

Tableau 7 : Intensité de destruction de la récolte par l'effeuillage (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
12	Ecojet	5.77	2.58	2.92	5.71	4.25	A
8	Ferrand	3.67	2.79	3.17	6.17	3.95	A
9	Galvit	1.38	1.00	3.79	2.94	2.28	B
5	Avidor réglage mécanique	0.29	0.00	2.88	0.75	0.98	B
10	Clemens	2.04	1.27	0.02	0.38	0.93	B
11	Tordable	0.00	0.10	0.02	2.98	0.78	B
7	Effeuillage manuel	0.10	2.06	0.10	0.02	0.57	B
3	Ero	0.33	0.50	0.27	0.56	0.42	B
2	Avidor réglage électronique	0.15	0.15	0.15	0.33	0.20	B
1	Carteau	0.00	0.13	0.02	0.00	0.04	B
4	Souslikoff 51	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	B
6	Souslikoff 53	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	B

L'analyse de variance réalisée sur cette variable met en évidence des différences très hautement significatives entre appareils : parmi les trois effeuilleuses différenciées sur le critère de la fréquence de grappes blessées, deux, l'une pneumatique – n°12-Ecojet, l'autre mécanique – n° 8-Ferrand, avoisinent le taux estimé de 4% de destruction de récolte. Un telle intensité n'est pas rédhibitoire en soit, mais elle peut, en cas de conditions climatiques défavorables, contribuer à une détérioration de l'état sanitaire de la récolte. Les autres modalités sont significativement plus respectueuses de la récolte, et ont causé un dommage inférieur à 2.3% de perte, voire très proche de zéro pour l'effeuillage par procédé thermique ou à l'aide du modèle Carteau.

Tableau 8 : Fréquence théorique de grappes blessées pour un effeuillage total (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
12	Ecojet	43.1	50.7	43.0	77.5	92.5	A
9	Galvit	68.8	66.5	72.2	40.0	84.3	A
8	Ferrand	39.9	23.9	75.1	84.2	59.0	B
3	Ero	24.1	10.4	17.5	26.2	25.9	C
10	Clemens	16.7	0.0	25.4	31.5	23.8	C
5	Avidor réglage mécanique	14.1	18.3	8.7	34.6	18.4	C
2	Avidor réglage électronique	34.6	25.3	5.2	9.5	17.7	C
1	Carteau	4.8	17.0	20.9	5.1	9.1	C
7	Effeuillage manuel	0.0	5.5	4.5	16.4	6.3	C
11	Tordable	0.0	17.9	5.5	0.0	4.4	C
4	Souslikoff 51	0.0	0.0	0.0	4.4	1.1	C
6	Souslikoff 53	0.0	0.0	10.5	0.0	0.9	C

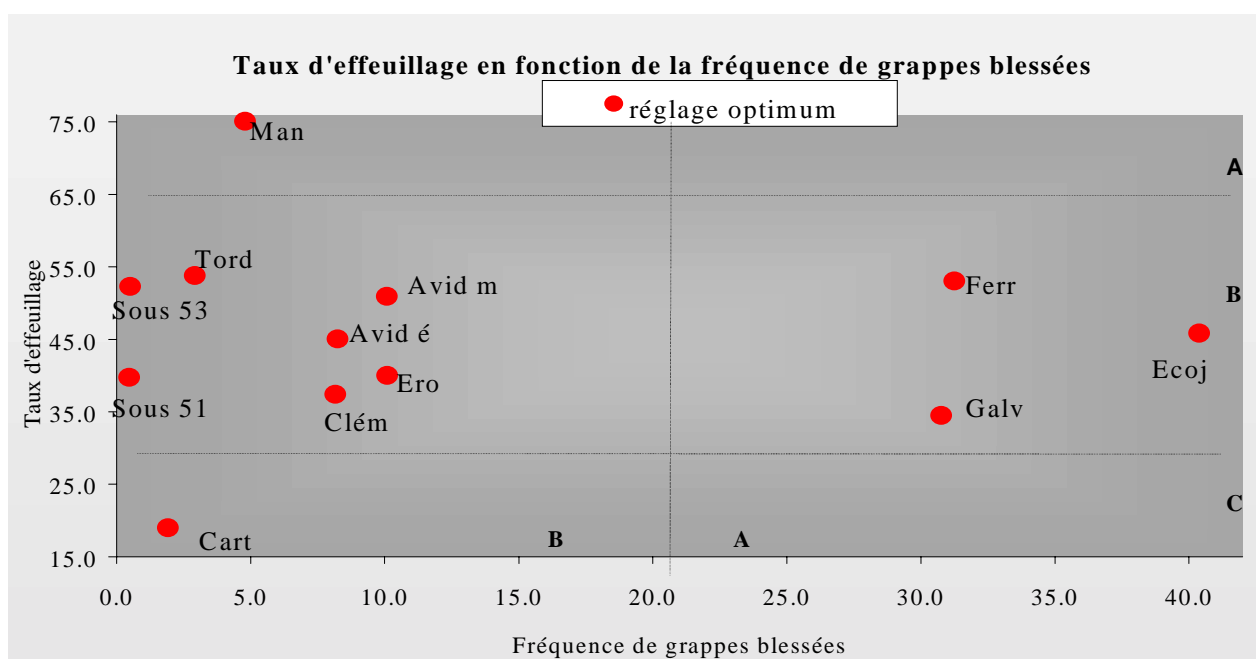
Ce rapport théorique (fréquence de grappes blessées/intensité d'effeuillage) permet de comparer l'aptitude des effeuilleuses à respecter l'intégrité de la récolte sur la base d'un taux d'effeuillage identique et fixe de 100%. L'analyse de variance, très hautement significative, et le test de N.K. au seuil de 5% permettent de déceler 3 groupes distincts :

- Avec une fréquence théorique de grappes blessées supérieure à 80%, les deux effeuilleuses pneumatiques constituent un groupe homogène indépendant.
- L'effeuilleuse Ferrand constitue seule un groupe intermédiaire avec un indice théorique de grappes atteintes proche de 60% pour un effeuillage complet de la zone de récolte.
- Les autres associations effeuilleuse x réglage, présentent une fréquence théorique de grappes blessées inférieure à 26% et sont ainsi apparentées à la référence manuelle 6.3%.

Conclusion sur l'effeuillage optimum

L'objectif fixé aux constructeurs sur cette modalité était de trouver le meilleur compromis de réglage pour blesser le minimum de grappes, sachant que le contrôle porterait également sur l'évaluation du taux de feuillage supprimé. La figure suivante traduit la position de chaque modèle testé en fonction de ce double objectif.

Figure 1 : Taux d'effeuillage en fonction de la fréquence de grappes blessées pour le réglage optimum.



Les groupes homogènes déterminés par le test Newmann et Keuls apparaissent pour chacun de ces deux critères évalués.

L'effeuillage manuel occupe seul une position particulière déterminée par le taux d'effeuillage le plus élevé pour un taux de blessure des grappes faible. Il reste ainsi une référence en la matière.

Un deuxième groupe, constitué des modèles thermiques Souslikoff et mécaniques Tordable, Avidor, Ero et Cléments, montre une fréquence de grappes blessées inférieure à 10%, relativement faible pour un taux d'effeuillage intéressant variant de 35 à 55%. Ce groupe est donc celui qui se rapproche le plus de la référence manuelle.

Le troisième groupe montre un taux d'effeuillage équivalent variant de 30 à 55%, mais occasionne un taux de blessure sur grappes significativement plus élevé. Il est constitué des deux modèles pneumatiques Galvit et Ecojet et de l'effeuilleuse Ferrand.

Le modèle Carteau testé occupe quant à lui une position isolée, déterminée par un faible taux de blessures sur grappes lié à un taux d'effeuillage également faible, évalué aux environs de 20%.

Effeuilage maximum

Les modifications de réglage apportées par les constructeurs à leurs appareils, devaient répondre, pour cette modalité, à un objectif de suppression maximale de surface foliaire dans la zone des grappes tout en assurant le respect maximum de l'intégrité de la récolte. Les tableaux suivants regroupent les résultats des mesures effectuées après effeuillage sur la vigne pour évaluer le niveau d'atteinte de cet objectif.

Tableau 9 : Fréquence de feuilles touchées par l'effeuillage (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
4	Souslikoff 51	96.2	98.1	100.0	100.0	98.6	A
6	Souslikoff 53	94.2	92.3	98.1	100.0	96.2	A
11	Tordable	90.4	96.2	98.1	94.2	94.7	A
10	Clemens	95.8	90.4	96.2	95.8	94.5	A
2	Avidor réglage électronique	86.0	94.2	96.2	94.2	92.7	A
8	Ferrand	94.2	85.0	93.8	96.2	92.3	A
3	Ero	92.3	88.5	88.5	98.1	91.8	A
5	Avidor réglage mécanique	88.5	92.3	90.4	96.2	91.8	A
9	Galvit	88.5	92.3	90.4	96.2	91.8	A
12	Ecojet	82.7	80.8	69.2	94.2	81.7	A B
7	Effeuilage manuel	84.6	84.6	50.0	84.6	76.0	B
1	Carteau	76.9	65.4	71.2	89.4	75.7	B

L'analyse de variance sur la fréquence de feuilles touchées par l'opération d'effeuillage fait apparaître des différences très hautement significatives entre les modalités : trois d'entre elles, effeuillage manuel - Carteau et Ecojet, constituent un groupe homogène présentant une fréquence de feuilles atteintes de l'ordre de 80% ou inférieure. Avec un taux de 82% l'effeuilleuse Ecojet se situe à l'intersection des deux groupes distincts. Pour les autres modèles, le taux de feuilles atteintes se situe au delà de 90%, pour atteindre près de 100% pour l'un des modèles thermiques.

Tableau 10 : Intensité de destruction du feuillage (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
4	Souslikoff 51	80.8	71.3	84.0	81.2	79.3	A
11	Tordable	70.4	83.7	76.6	78.5	77.3	A
7	Effeuilage manuel	82.9	81.6	50.0	83.4	74.5	A
6	Souslikoff 53	70.2	71.3	76.1	73.1	72.6	A
5	Avidor réglage mécanique	66.3	67.1	72.8	74.6	70.2	A
2	Avidor réglage électronique	66.7	71.8	65.3	71.2	68.8	A
10	Clemens	60.0	56.1	54.1	59.0	57.3	B
9	Galvit	44.4	54.9	60.2	53.4	53.2	B
8	Ferrand	50.9	56.8	45.2	53.5	51.6	B
3	Ero	50.1	52.3	44.0	54.1	50.1	B
12	Ecojet	44.3	49.4	40.9	55.9	47.6	B
1	Carteau	43.6	39.8	39.6	63.8	46.7	B

Le critère du taux de surface foliaire supprimée dans la zone des grappes, plus représentatif de la performance du réglage réalisé, ressort très hautement significatif à l'analyse de variance. Il permet de discerner deux groupes entièrement distincts :

- Les modèles thermiques (Souslikoff 51 et 53), et ceux mécaniques fonctionnant par aspiration et barre de coupe (Tordable et Avidor à réglage mécanique ou électronique) font preuve d'une possibilité de réglage les situant dans le même groupe que l'effeuillage manuel. Toutes ces modalités se situent dans une fourchette de taux d'effeuillage très resserrée, variant de près de 69 à 75% de suppression de surface foliaire.
- Les réglages effectués sur les autres modèles, Clémens – Galvit – Ferrand – Ero – Ecojet et Carteau, n'ont pas permis d'atteindre ce niveau d'effeuillage; leur capacité maximale évaluée sur l'essai varie de près de 47 à 57%. Ce groupe est constitué des modèles mécaniques fonctionnant par aspiration et hélice ou par système pneumatique.

Tableau 11 : Fréquence de grappes blessées par l'effeuillage (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
12	Ecojet	59.6	46.2	44.2	78.9	57.2	A
9	Galvit	26.9	55.8	57.7	63.5	51.0	A B
10	Clémens	64.6	53.9	23.1	29.2	42.7	A B C
5	Avidor réglage mécanique	40.4	32.7	26.9	42.3	35.6	B C
3	Ero	34.6	34.6	23.1	44.2	34.1	B C
2	Avidor réglage électronique	21.2	36.5	34.6	23.1	28.8	C D
8	Ferrand	19.2	32.5	17.4	32.7	25.5	C D
7	Effeuillage manuel	15.4	11.5	8.3	17.3	13.1	D E
11	Tordable	9.6	19.2	3.9	11.5	11.1	D E
1	Carteau	7.7	0.0	3.9	8.3	5.0	E
4	Souslikoff 51	3.9	0.0	6.3	2.1	3.0	E
6	Souslikoff 53	1.9	0.0	1.9	3.9	1.9	E

L'analyse de variance est très hautement significative. La fréquence de grappes blessées varie très fortement de 2 à 3 % pour les modèles thermiques à plus de 50% pour les modèles pneumatiques. De nombreux groupes homogènes sont déterminés par le test Newmann Keuls avec interférences entre eux. On observe :

- L'effeuillage manuel, pratiqué de manière intensive, a provoqué une fréquence de blessures sur grappes non négligeable (13%), même si cette modalité se situe dans le groupe le plus respectueux de la récolte, avec les modèles Tordable, Carteau, et Souslikoff 51 et 53. Pour ces différentes techniques d'effeuillage basées sur des réglages de type "intensif", la fréquence de grappes blessées varie assez fortement de 13% à 2%.
- Deux effeuilleuses, Avidor électronique et Ferrand, avec respectivement 29 et 26% de grappes atteintes, se rapprochent de ce groupe de tête; leurs taux d'atteintes ne sont pas statistiquement différents de ceux observés pour la référence manuelle (13%) et le modèle Tordable (11%). Ils sont cependant significativement supérieurs au 5% ou moins obtenus par les modèles Carteau et Souslikoff 51 et 53.
- Si l'on considère l'ensemble des modalités intermédiaires qui appartiennent au groupe caractérisé par la lettre C, les taux de grappes atteintes s'échelonnent de 26 à 43%. Ce groupe comporte la quasi totalité des effeuilleuses mécaniques à l'exception des modèles Tordable et Carteau.
- Le groupe d'effeuilleuses provoquant la plus forte fréquence de grappes blessées est constitué des deux modèles pneumatiques, vraisemblablement pénalisés par le stade végétatif avancé (fermeture de la grappe) auquel l'essai a eu lieu, ainsi que de l'effeuilleuse Clémens. Il est à noter que les taux d'atteintes observés pour les effeuilleuses Galvit et Clémens ne sont statistiquement pas différents de ceux des modèles Avidor mécanique et Ero, voire pour l'effeuilleuse Clémens, de ceux obtenus avec l'Avidor électronique ou Ferrand.

Tableau 12 : Intensité de destruction de la récolte par l'effeuillage (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
12	Ecojet	11.2	4.8	4.3	13.8	8.5	A
9	Galvit	3.8	5.2	4.7	5.8	4.9	B
10	Clemens	7.9	5.3	1.7	1.5	4.1	B
7	Effeuilage manuel	7.9	2.2	0.2	6.0	4.1	B
8	Ferrand	3.0	4.5	1.7	2.5	2.9	B
3	Ero	3.2	3.5	1.9	2.7	2.8	B
5	Avidor réglage mécanique	3.9	2.4	2.1	2.2	2.6	B
2	Avidor réglage électronique	3.7	1.7	2.3	1.3	2.2	B
11	Tordable	1.5	1.4	0.1	0.8	1.0	B
4	Souslikoff 51	1.5	0.0	0.9	0.7	0.8	B
6	Souslikoff 53	1.5	0.0	0.2	0.2	0.5	B
1	Carteau	0.6	0.0	0.1	0.2	0.2	B

Le tableau des intensités de blessures provoquées sur les grappes par l'effeuillage intensif montre la différence nette établie par le test Newmann et Keuls :

- L'ensemble des modalités présente un taux proche de zéro ou inférieur à 5% de destruction de récolte, sans qu'il soit possible de les différencier plus précisément.
- Le réglage retenu sur l'effeuilleuse Ecojet pour aboutir à une suppression de surface foliaire importante provoque une forte destruction de récolte, évaluée à plus de 8% lors du comptage.

Tableau 13 : Fréquence théorique de grappes blessées pour un effeuillage total (%)

N°	Modalité	Rep A	Rep B	Rep C	Rep D	Moy	N.K.5%
12	Ecojet	71.9	56.5	88.5	94.5	119.4	A
9	Galvit	33.3	78.3	68.7	78.1	94.2	B
10	Clemens	91.8	64.4	30.1	37.2	73.9	B C
3	Ero	57.5	45.9	35.4	57.9	67.4	C D
5	Avidor réglage mécanique	52.2	51.6	31.7	59.3	50.8	C D
8	Ferrand	31.7	50.9	53.0	32.4	48.7	C D
2	Avidor réglage électronique	32.1	58.0	32.1	55.4	42.0	D
7	Effeuilage manuel	34.6	21.0	13.8	32.4	17.5	E
11	Tordable	18.9	33.9	8.5	21.6	14.1	E
1	Carteau	15.3	0.0	8.7	15.4	10.1	E
4	Souslikoff 51	8.7	0.0	15.3	3.7	3.7	E
6	Souslikoff 53	4.4	0.0	4.9	6.0	2.6	E

Ce tableau n° 13 donne à peu près le même type de résultat et de hiérarchisation des modalités que le tableau n°12, à la différence près que les groupes homogènes sont plus distincts les uns des autres : on retrouve aux deux extrêmes d'une part le modèle Ecojet, qui présente l'indice le plus élevé, d'autre part la référence manuelle, ainsi que les modèles Tordable, Carteau et Souslikoff 51 et 53, qui présentent les fréquences théoriques les plus faibles.

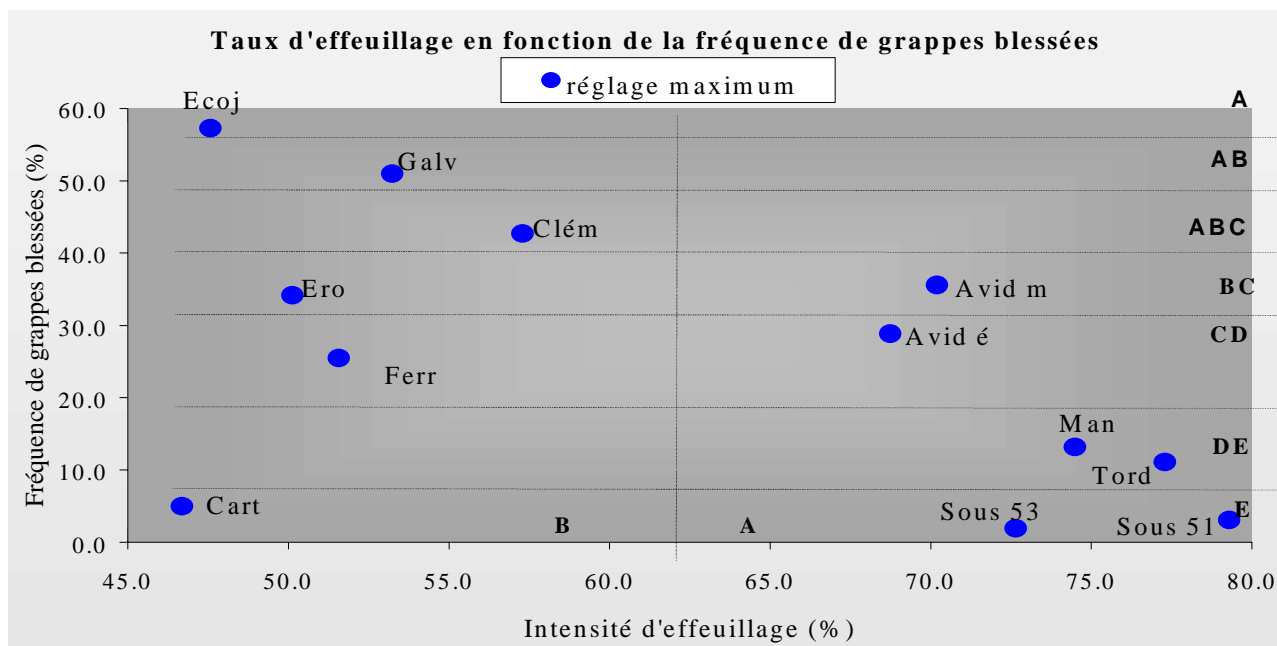
Conclusion sur l'effeuillage maximum.

La figure n° 2 représente la position des différentes modalités situées

- En abscisse par rapport à l'objectif du taux maximum de suppression de la surface foliaire des grappes.
- En ordonnée par l'incidence de ce réglage agressif sur la fréquence de grappes présentant des blessures.

Les groupes homogènes définis par le test Newmann et Keuls sont indiqués sur ces deux axes.

Figure 2 : Fréquence de grappes blessées en fonction du taux d'effeuillage maximum recherché.



Le croisement des deux facteurs étudiés permet de dissocier deux grand groupes distincts, déterminés en fonction de l'objectif premier du réglage demandé : le taux d'effeuillage maximum.

On retrouve dans le 1^{er} groupe rassemblant les plus forts taux d'effeuillage :

- La référence manuelle, les trois modèles d'effeuilleuse fonctionnant par aspiration et barre de coupe, ainsi que les deux modèles d'effeuilleuse thermique.
- Au sein de ce groupe, les deux modèles d'effeuilleuse Avidor se démarquent légèrement des autres modalités par un taux d'effeuillage légèrement plus faible et une fréquence de grappes blessées légèrement plus forte.

Le deuxième groupe rassemble les modalités dont le taux d'effeuillage maximum est inférieur à 60% de suppression de la surface des feuilles. Au sein de ce groupe :

- Le modèle Carteau se démarque par une fréquence de grappes atteintes faible, mais c'est aussi le modèle qui a supprimé le moins de surface foliaire.
- Le deuxième sous groupe comporte les autres effeuilleuses à aspiration et hélice, Ferrand, Ero et Clémens, et les modèles pneumatiques Galvit et Ecojet. Les modèles Ferrand et Ero se trouvent en position intermédiaire, avec une fréquence de grappes atteintes proche des 30%. La modalité effeuillée par Clémens présente le même niveau de résultat compte tenu d'un taux d'effeuillage légèrement plus fort que sur ces deux modalités précédentes. Enfin les effeuilleuses pneumatiques provoquent sur l'essai les plus fortes fréquences de grappes blessées sans autoriser de taux d'effeuillage très élevé.

Incidence de la variation des réglages sur taux d'effeuillage et de blessures sur grappes

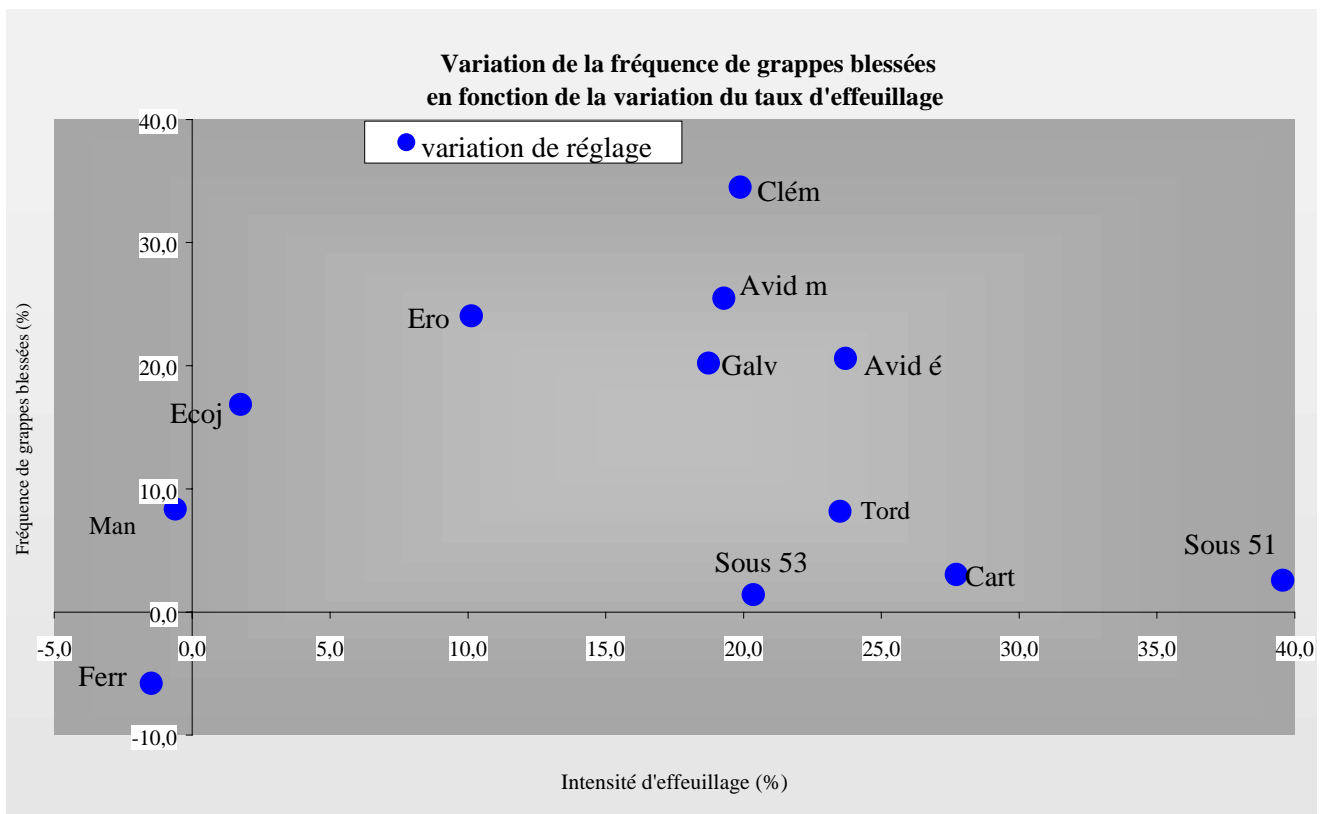
La figure n°3 présente, pour chaque modèle testé, l'écart de fréquence de grappes blessées exprimé en fonction de l'écart d'intensité d'effeuillage observé entre les réglages "effeuillage optimum" et "effeuillage maximum". Cet écart représente donc une valeur relative, qui ne tient pas compte des niveaux d'effeuillage ou de grappes blessées.

Ce graphique montre donc l'incidence des variations de réglages enregistrées dans le tableau n°2, sur :

- L'augmentation du taux d'effeuillage en abscisse.
- L'augmentation du taux de blessures sur grappes en ordonnée.

Il met ainsi en évidence, la pertinence du réglage par rapport à l'objectif d'un effeuillage plus sévère. Ceci traduit pour l'utilisateur, la marge de maîtrise du taux d'effeuillage qu'il contrôle par modulation du ou des paramètres changés sur la machine, et la conséquence de ces modifications sur l'intégrité de la récolte.

Figure 3 : Variation de la fréquence de grappes blessées en fonction de la variation du taux d'effeuillage



On voit ainsi sur la figure n°3 que huit modèles testés ont permis une augmentation brute du taux d'effeuillage de 20 à 40%. Parmi ceux-ci, les modèles thermiques, Tordable et Carteau n'ont entraîné qu'une faible augmentation (inférieure à 10%) des blessures sur grappes. Au sein de ce groupe, le niveau d'effeuillage réalisé ne doit pas être oublié, et relativise la performance du modèle Carteau par rapport aux deux autres types d'effeuilleuses.

Pour les effeuilleuses Clémens, Galvit, et les deux modèles Avidor, l'augmentation d'environ 20% du taux d'effeuillage n'a été possible qu'au prix d'une augmentation à peu près équivalente des blessures sur grappes (+20% et jusqu'à +35% de blessures pour l'effeuilleuse Clémens).

Les modifications de réglages apportés aux modèles Ero et Ecojet n'ont permis qu'une augmentation faible, voire insignifiante pour l'Ecojet, du taux d'effeuillage, tout en entraînant une augmentation significative des blessures. Pour ces deux modèles, comme pour l'effeuilleuse Ferrand qui n'a pas répondu à l'objectif fixé, d'autres combinaisons de réglages méritent d'être trouvées.

On constate également que la variation de vitesse de travail sur la référence manuelle n'a entraîné qu'une augmentation des blessures sur grappes, sans aucune augmentation du taux d'effeuillage.

La figure montre enfin l'importance du rôle joué par le chauffeur qui apparaît nettement pour les deux modalités Carteau et Clémens, qui n'ont subi aucune modification de réglage sur l'appareil pour répondre à ce double objectif : à lui seul, le pilote a pu modifier le taux de suppression de surface foliaire de 20 à 30% sur ces deux modalités. Mais on constate également à fortiori que cette seule technique de modulation du taux d'effeuillage est aléatoire puisque dans un cas, la faible augmentation des blessures peut être imputée au taux d'effeuillage très faible constaté, et dans l'autre elle représente l'augmentation maximale des blessures enregistrée sur l'essai. On peut donc penser que laisser au chauffeur seul la responsabilité du taux d'effeuillage visé sans aucune assistance paramétrable sur la machine n'est pas une solution suffisamment fiable.

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans les conditions d'expérimentation de 1998 confirment pour la plupart ceux observés lors du banc d'essai réalisé à Lugon (33) en 1997; le protocole 1998 met en évidence comme en 1997 trois groupes de modalités (effeuilleuse x réglage) bien différenciés :

- Le premier groupe est caractérisé par un taux d'effeuillage élevé et un taux de blessures faibles. Il est composé de la référence manuelle, du procédé thermique et de la nouvelle effeuilleuse Tordable.
- Le deuxième groupe, permet un effeuillage sensiblement équivalent au premier, mais présente sur notre essai un taux de blessures plus élevé sur la récolte : il comprend les deux modèles Avidor.
- On observe sur le troisième groupe, des taux de blessures sur grappes élevés pour des taux d'effeuillage nettement inférieurs à ceux des deux premiers groupes.
- L'effeuilleuse Carteau occupe une place isolée dans ce tableau, et ne peut ainsi pas être comparée aux autres modalités en raison des taux d'effeuillage très faibles constatés lors de l'essai. Ce résultat ne nous autorise pas à prendre position sur la qualité des réglages de cet appareil, qui semble, au même titre que les autres modèles fonctionnant par aspiration et hélice, capable d'assurer des taux d'effeuillage plus élevés, mais au prix de quelle augmentation des blessures sur grappes ?

Les résultats 1998 montrent, plus clairement encore qu'en 97, la typicité des cinq modes d'effeuillage. On retrouve au travers des différents graphiques :

- L'effeuillage manuel qui reste une référence qualitative incontestable.
- Le procédé thermique, qui lui est très proche en regard des critères mesurés.
- Les systèmes à aspiration et barre de coupe, dont les réglages permettent, au vu des résultats 98, un travail de qualité supérieure aux systèmes à aspiration et hélices.
- Les effeuilleuses pneumatiques qui méritent vraisemblablement d'être utilisées plus tôt en saison, pour diminuer le taux de blessures et leur incidence qualitative sur la récolte.

Ces résultats seront complétés par une batterie de mesures analogues effectuées, pour divers cépages et dans différentes configurations de vignoble, chez des viticulteurs équipés des différents modèles testés. Ces mesures sur site, amorcées dans le courant de l'été 1998, seront poursuivies en 1999. Elles permettront à terme de référencer d'autres critères de réglage retenus par les viticulteurs et d'apprécier leur impact sur le feuillage et la récolte.

L'ensemble des données regroupant les différentes références constructeurs, expérimentales, ou bibliographiques sur la question, sont d'ores et déjà mises à la disposition du public par le biais d'un classeur "MATEVI – Effeuilage", coordonné et diffusé dans le cadre du groupe de travail national mécanisation, par le service vin de la Chambre d'Agriculture de la Gironde. Les références obtenues sur sites seront progressivement jointes à cette base d'information dont la diffusion est, à terme, envisagée via un système de communication de type Internet/Intranet.