

# L'effeuillage pré-floral du Pinot noir limite le rendement et modifie la composition des vins

Thibaut VERDENAL, Vivian ZUFFEREY, Jean-Laurent SPRING, Agnes DIENES-NAGY, Sandrine BELCHER, Fabrice LORENZINI, Carole KOESTEL, Johannes RÖSTI et Katia GINDRO

Agroscope, 1009 Pully, Suisse

Renseignements: Thibaut Verdenal, e-mail: thibaut.verdenal@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 468 65 61, www.agroscope.ch



Effeuilage pré-floral (variante B) du Pinot noir le 11 juin 2013. A gauche avant effeuillage, à droite après effeuillage. (Photos: Carole Parodi)

## Introduction

L'effeuillage de la zone des grappes est une pratique courante dans la plupart des vignobles suisses. Lorsqu'il est réalisé après la nouaison (BBCH 71) et avant la fermeture de grappe (BBCH 77), il permet d'améliorer le microclimat des grappes et prévient le développement des maladies fongiques, telles que *Botrytis cinerea* (Sabbatini et Howell 2010).

Lorsqu'il est réalisé avant la floraison, l'effeuillage affecte le taux de nouaison et réduit considérablement le nombre de baies par grappe (Poni & Bernizzoni 2010). La baisse de rendement peut chuter de 40 %, principalement en raison de la diminution de la taille des grappes (Uriarte et al. 2012).

Dans la plupart des cas, la vigne possède suffisamment de réserves et sa pérennité n'est pas atteinte. Une plus grande activité photosynthétique a été observée (Palliotti et al. 2012) et les rameaux secondaires se développent plus fortement (Tardaguila et al. 2008). Cependant, l'effeuillage pré-floral entraîne une forte compétition pour les nutriments entre les organes végétatifs et reproducteurs; la grande part du feuillage – actif en photosynthèse – est enlevée au moment où la vigne a besoin d'un important apport de carbone et d'azote pour la floraison. La vigne doit alors puiser dans ses réserves, dans le bois et les racines (Candolfi-Vasconcelos et Koblet 1990). Dans certaines situations, une fertilité et une vigueur plus faibles ont pu être observées

(Risco *et al.* 2014; Uriarte *et al.* 2012), montrant un important arrière-effet dû à l'effeuillage pré-floral. Ainsi, il peut avoir une forte incidence sur la diminution du rendement selon le millésime (Hed *et al.* 2015) et le cépage (Kotseridis *et al.* 2012). Les conséquences d'un effeuillage pré-floral sur la composition des moûts et des vins sont très variables et difficiles à prédire (Moreno *et al.* 2015; Sivilotti *et al.* 2016; Talaverano *et al.* 2016). Il s'est donc avéré nécessaire de tester l'effeuillage pré-floral sur Pinot noir dans les conditions pédo-climatiques de la région lémanique, afin de valider son intérêt sur le long terme dans le cadre de la viticulture suisse.

## Matériel et méthodes

### Dispositif expérimental

L'essai a été conduit sur six ans (2010–2015) dans le vignoble expérimental d'Agroscope à Pully (VD, Suisse) sur une parcelle homogène de Pinot noir (clone 2-45, porte-greffe 3309C) plantée en 1991 à une densité de 5880 ceps/ha. Les précipitations annuelles de la région sont de 1150 mm et la température moyenne journalière pendant la période végétative de la vigne (avril-octobre) s'élève à 15,7°C (normale 1981–2010, station de Pully, MétéoSuisse). La réserve utile en eau du sol est élevée (> 250 mm) et aucune contrainte hydrique n'a été observée durant la période de l'essai. La parcelle repose sur un sol colluvial, composé de 15 % d'argile, 47 % de sable et 4 % de CaCO<sub>3</sub>. La teneur en matière organique est de 1,7 %. De 2012 à 2015, 30 kg N/ha ont été apportés au sol au printemps (stade 3-5 feuilles). Les vignes ont été taillées en Cordon Royat (huit rameaux par cep). La hauteur de feuillage a été maintenue à 1,10 m et les rameaux secondaires ont été retirés de la zone des grappes. Aucun traitement anti-botrytis n'a été appliqué pendant la période de l'essai.

Quatre blocs homogènes (répétitions) ont été mis en place sur cette parcelle, composés chacun de quatre variantes disposées aléatoirement avec 8 à 10 ceps chacune (tabl. 1): (A) témoin non effeuillé, (B) effeuillage au stade boutons séparés, (C) effeuillage au stade fin floraison et (D) effeuillage au stade fermeture des grappes. Dans les variantes B-C-D, les six premières feuilles ont été retirées manuellement en partant de la base de chaque rameau de manière à dégager totalement la zone des grappes. Cet effeuillage intensif visait à obtenir des réactions physiologiques significatives de la vigne.

**Résumé** Une étude a été réalisée sur Pinot noir dans le vignoble expérimental d'Agroscope à Pully pour évaluer l'impact de la précocité de l'effeuillage de la zone des grappes.

Une attention particulière a été portée sur la composition des baies et sur le profil sensoriel des vins.

Pendant six ans, des vignes de Pinot noir ont été effeuillées de façon intensive à différents stades phénologiques (boutons séparés, floraison, fermeture de grappe).

Cette technique a eu des conséquences positives sur la composition des moûts et des vins, au détriment toutefois du taux de nouaison et du rendement. Dans le cas d'un effeuillage pré-floral, le potentiel de rendement a subi une baisse moyenne de 30 %, l'épaisseur des pellicules des baies a doublé et la concentration en polyphénols a fortement augmenté. La vigueur de la vigne n'a pas été affectée.

L'effeuillage précoce représente une technique prophylactique intéressante pour lutter contre les maladies fongiques, limiter les rendements excessifs et améliorer la composition des vins rouges.

**Tableau 1** | Description des quatre variantes de l'essai. Les rameaux secondaires ont été retirés de la zone des grappes pour toutes les variantes. L'effeuillage des variantes B, C et D a consisté à retirer les six premières feuilles principales de la base de chaque rameau.

Variante	Echelle BBCH	Dates d'effeuillage					
		2010	2011	2012	2013	2014	2015
A: Témoin non effeuillé	-	-	-	-	-	-	-
B: Effeuillage stade boutons séparés	57	4 juin	9 mai	24 mai	11 juin	22 mai	22 mai
C: Effeuillage stade floraison	67-69	25 juin	30 mai	18 juin	2 juillet	12 juin	9 juin
D: Effeuillage stade fermeture de grappe	77	28 juillet	30 juin	13 juillet	5 août	21 juillet	13 juillet

### Développement végétatif

Les mesures à la vigne ont été réalisées pour chacune des répétitions. Lors de la pleine floraison, les écarts phénologiques ont été estimés par le pourcentage de capuchons floraux tombés sur 25 grappes. Ces écarts ont à nouveau été évalués lors de la véraison en mesurant, sur 25 grappes, le pourcentage de baies ayant changé de couleur. La haie foliaire a été rognée deux à trois fois par saison et le poids total des rognages a été déterminé en fin de saison. La surface foliaire exposée a été estimée au moment de la véraison, selon Carbonneau (1995). La rapidité de reprise de croissance en début de saison a été estimée par la mesure des longueurs de pousse (un rameau par cep) lorsqu'elles atteignent environ 50 cm. La vigueur a également été estimée par le poids des bois de taille en hiver (un bois d'un mètre par cep). Les taux élevés de millerandage en 2010 et 2013 ont été évalués après véraison à partir de l'estimation du pourcentage de baies stériles sur 25 grappes par répétition. De même, pour l'évaluation de *Botrytis cinerea* (une attaque est survenue en 2012), le pourcentage de baies atteintes a été estimé sur 25 grappes par répétition.

### Alimentation minérale de la vigne

Un diagnostic foliaire (feuilles et pétioles), effectué annuellement au moment de la véraison, a permis de déterminer les teneurs en N, P, K, Mg et Ca. Les analyses ont été réalisées par le laboratoire Sol-Conseil (Gland, VD) et les résultats ont été interprétés selon les normes définies par Spring et Verdenal (2017).

### Composantes du rendement

La fertilité (nombre de grappes par bois) a été évaluée. Le potentiel de rendement a été estimé avant fermeture des grappes, à partir du poids moyen d'une baie (25 baies par répétition) et d'une grappe (10 grappes par répétition) selon la méthode décrite par Verdenal *et al.* (2017). Le poids moyen de la baie à la vendange s'est élevé à 1,7 g (moyenne depuis 2005). Sur cette base et pour chacune des variantes, les consignes d'égrappage ont pu être données pour atteindre un objectif de rendement de 1,0 kg/m<sup>2</sup>. Le poids de la baie à la vendange a été mesuré à partir de 50 baies par répétition. Quant au poids d'une grappe à la vendange, il a été estimé pour chaque répétition à partir du rendement divisé par le nombre de grappes correspondant.

### Microscopie

En 2013 et 2015, des échantillons de grappes ont été récoltés avant vendanges dans les variantes A, B et D afin de mesurer l'épaisseur des pellicules (9 baies

par variante). La préparation des échantillons selon la méthode de Roland et Vian (1991) et les mesures au microscope électronique ont été réalisées par le laboratoire de mycologie d'Agroscope à Changins.

### Moûts, vins et analyses

La préparation des échantillons et les analyses des moûts et des vins ont été réalisées par le laboratoire d'analyse des vins d'Agroscope à Changins. Toutes les méthodes d'analyses utilisées sont décrites dans Verdenal *et al.* (2017). Un total de 300 baies par variantes ont été prélevées avant vendanges pour déterminer la concentration de polyphénols (indice Folin) et le profil des anthocyanes.

Toutes les variantes ont été vendangées le même jour et transportées à la cave expérimentale de Changins. Pour chaque répétition, des échantillons de moûts ont été prélevés pour une analyse complète au spectrophotomètre infrarouge (FOSS WineScan): sucres, acidité totale (équivalent acide tartrique), acides tartrique et malique, pH, azote assimilable.

Par variante, environ 60 kg de raisin ont été vinifiés chaque année selon un protocole standard: égrappage, ensemencement en levures pour la fermentation alcoolique, pigeage journalier, pressurage, centrifugation, ensemencement en bactéries pour la fermentation malolactique, stabilisation à 50 ppm SO<sub>2</sub> à 0°C, filtration 0,65 µm, puis mise en bouteille. Les vins finis ont été analysés au WineScan: alcool, matière sèche, pH, acidité volatile, acidité totale, acides tartriques/maliques/lactiques, glycérol, SO<sub>2</sub>. La concentration en polyphénols a été mesurée par absorbance (indice polyphénols totaux). Les couleurs des vins ont été décrites à l'aide du système de codage CIELab (OIV, 2016). Tous les vins ont été dégustés et décrits par le panel d'analyse sensorielle d'Agroscope selon des critères prédéfinis.

Les analyses statistiques (analyses de variances, comparaisons multiples, analyses de composantes principales) ont été réalisées à l'aide du programme XLSTAT (Addinsoft, Paris, 2016). Les différences ont été considérées significatives avec une marge d'erreur de 5 % (P value < 0,05).

## Résultats

### Phénologie

L'effeuillage pré-floral (B) a induit chaque année une légère précocité lors de la floraison (moyenne 72 ± 8 % de capuchons floraux tombés) en comparaison avec les trois autres variantes (A, C et D) (57 ± 13 %) (tabl. 2). Cette tendance s'est confirmée au moment

**Tableau 2** | Incidence de la période d'effeuillage sur la phénologie, la vigueur et le rendement. Moyenne six ans. Les valeurs suivies de lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes (Newman-Keuls test, P<0,05).

Variante Période d'effeuillage	A Témoin non effeuillé	B Boutons séparés	C Floraison	D Fermeture de grappe	P value
Floraison (%)	58 b	72 a	56 b	58 b	<0,0001
Véraison (%)	51 a	52 a	44 ab	40 b	0,008
Azote foliaire (% matière sèche)	2,19 b	2,34 a	2,25 ab	2,32 a	0,006
Longueur rameau (cm)	43	44	42	40	1,000
Poids rognage (g/cep)	470	518	475	488	0,331
Poids bois de taille (g/m)	62	61	61	63	0,406
Surface foliaire exposée (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> sol)	1,4 a	1,2 b	1,1 c	1,1 c	<0,0001
Fertilité (grappes/bois)	1,7	1,7	1,7	1,7	0,427
Poids grappe à la vendange (g)	176 a	119 b	124 b	165 a	<0,0001
Nombre de baies par grappe	151 a	98 b	106 b	148 a	<0,0001
Poids de baies à la vendange (g)	1,6 a	1,4 b	1,4 b	1,5 a	<0,0001
Dégrappage (nombre coupé par cep)	3 a	0 ab	2 b	3 a	0,004
Rapport feuille-fruit (m <sup>2</sup> /kg)	1,6	1,8	1,4	1,3	0,051
Rendement (kg/m <sup>2</sup> )	0,9 a	0,8 b	0,8 b	0,9 ab	0,009
<i>Botrytis cinerea</i> en 2012 (% attaque)	8,3 a	0,3 b	0,2 b	1,2 b	0,000

de la véraison: la véraison des baies des variantes effeuillées tardivement (C et D) a été en moyenne de 9 % inférieure aux variantes A et B. Bien que le témoin non effeuillé ait présenté la teneur en azote foliaire la plus faible (2,19 % m.s.), aucune carence n'a été relevée sur la parcelle pendant la durée de l'essai.

### Développement de la surface foliaire

En début de saison, aucun retard dans la croissance n'a été constaté en mesurant la longueur des jeunes rameaux (tabl. 2). Aucune différence n'a été observée ni dans les poids de rognage, ni dans les poids de bois de taille. La surface foliaire exposée a été légèrement plus grande dans la variante effeuillée avant fleurs (B, 1,2m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) – en comparaison avec les variantes effeuillées plus tardivement (C et D) – notamment grâce à une densité de feuilles supérieure.

### Rendement et qualité des vendanges

La fertilité moyenne a été de 1,7 ± 0,2 grappe par bois pour toutes les variantes. Les variantes effeuillées avant et pendant la floraison (B et C) ont eu, par rapport aux variantes non effeuillée (A) et effeuillée à la fermeture de grappe (D), des grappes plus petites (-28 % en poids) en raison de la diminution du poids des baies (-0,2g) et surtout de leur nombre (-33 %) (fig.1; tabl. 2). Ainsi, le potentiel de rendement estimé en juillet est inférieur de 35 % pour l'effeuillage pré-floral (B) et de 25 % pour l'effeuillage à la floraison (C). Aucune diminution significative n'a été constatée pour l'effeuillage à la fermeture de grappe (D) (fig. 2).

En six ans, l'égrappage a été réalisé seulement une fois dans la variante (B) et chaque année pour le témoin (A) et la variante (D). Le rapport feuille-fruit



**Figure 1** | Taille des grappes peu avant vendanges, le 17 septembre 2013. Variante B (effeuillage pré-floral) à gauche et variante D (effeuillage fermeture de grappe) à droite. (Photos: Carole Parodi)

a été suffisant pour toutes les variantes, selon les recommandations de Murisier et Zufferey (1997).

De forts taux de millerandage ont été relevés en 2010 et en 2013: plus l'effeuillage était réalisé tôt dans la saison, moins il y avait de symptômes de millerandage, et aucune différence n'a été notée entre l'effeuillage à la fermeture de grappe et le témoin non effeuillé (D et A) (fig. 3). En 2012, de la pourriture grise s'est développée sur raisin peu avant les vendanges: les grappes du témoin (A) ont été atteintes à 8 %, alors que les variantes effeuillées ne l'étaient qu'à 2 % (fig. 4).

La période d'effeuillage a eu un très fort impact sur l'épaisseur de la pellicule des raisins: le témoin (A)

a présenté des baies avec les pellicules les plus fines (moyenne de deux ans:  $110 \pm 8 \mu\text{m}$ ), suivies de la variante D ( $149 \pm 13 \mu\text{m}$ ), puis B ( $219 \pm 17 \mu\text{m}$ ) (fig. 5). Ces résultats ont eu des conséquences sur la composition des moûts et vins (voir ci-après).

### Analyses chimiques des moûts

Les moûts obtenus ont eu des teneurs en sucres ( $93 \pm 5^\circ\text{Oe}$ ) et un pH ( $3,1 \pm 0,1$ ) équivalents. L'acidité totale a varié entre 10,4 (variante A) et 11,2 g/l (variante C) (tabl. 3). Les effeuillages pré-floral (B) et à la floraison (C) ont diminué les teneurs en acide tartrique. Les plus faibles teneurs en acide malique (4,8 g/l) et en azote assimilable (moyenne 132 mg/l) ont été mesurées dans

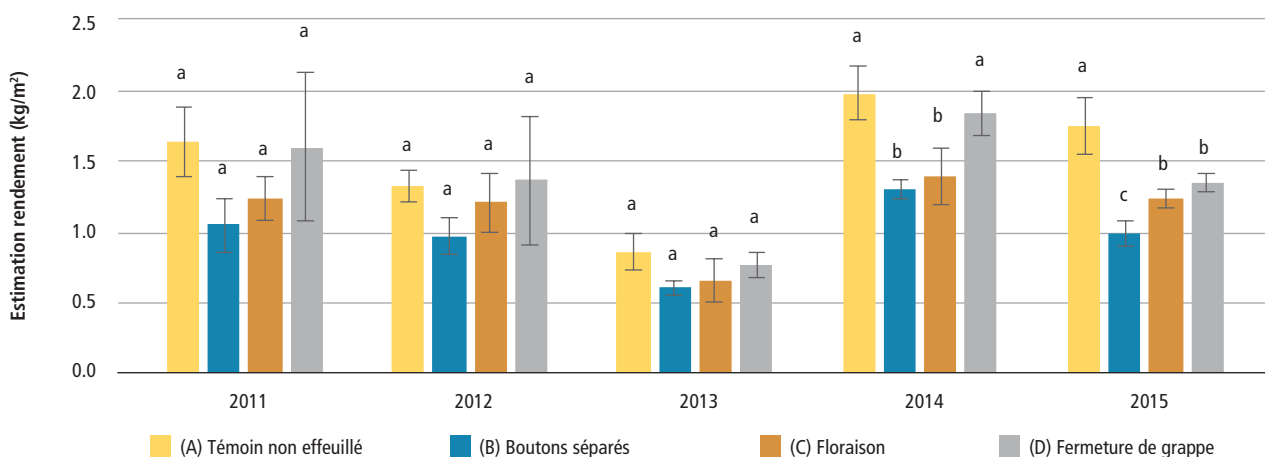


Figure 2 | Incidence de la période d'effeuillage sur le potentiel de rendement estimé en juillet, avant l'égrappage. Valeurs 2011–2015  $\pm$  écart-type. Les variantes avec des lettres différentes sont significativement différentes (Newman-Keuls, P-value < 0,05).

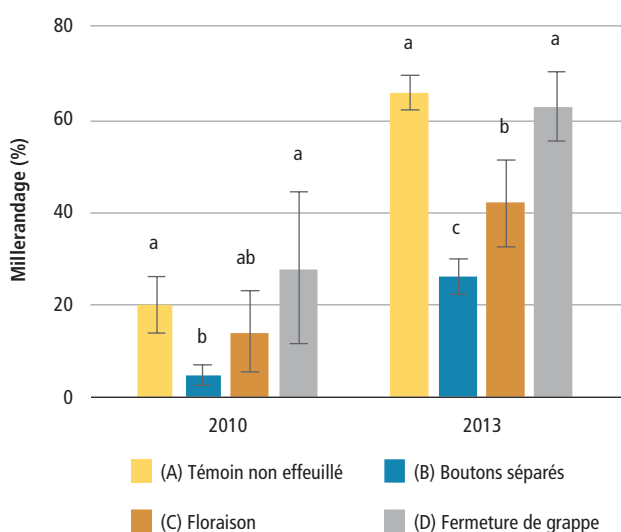


Figure 3 | Incidence de la période d'effeuillage sur le taux de millerandage. Valeurs 2010 et 2013  $\pm$  écart type. Les variantes avec des lettres différentes sont significativement différentes (Newman-Keuls, P-value < 0,05).

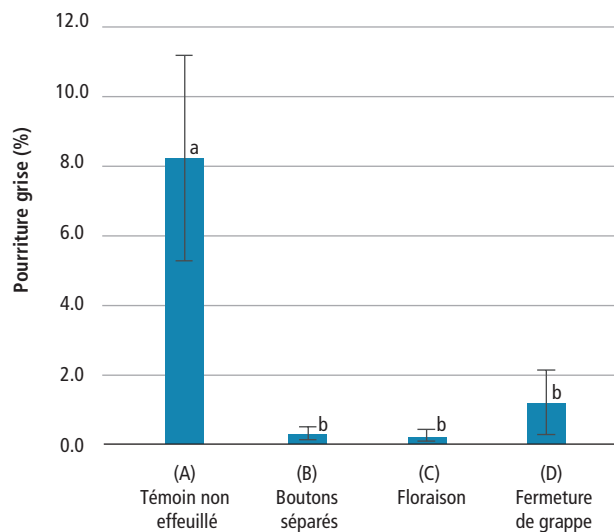
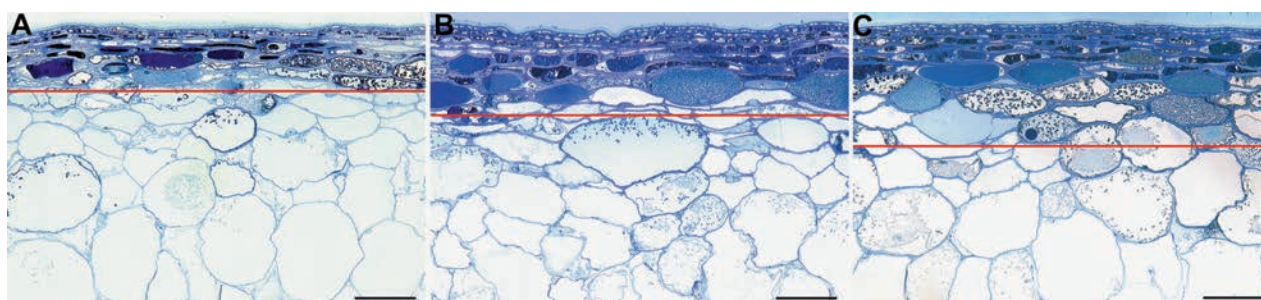


Figure 4 | Incidence de la période d'effeuillage sur le taux de pourriture grise à la vendange. Valeurs 2012  $\pm$  écart type. Les variantes avec des lettres différentes sont significativement différentes (Newman-Keuls, P-value < 0,05).



**Figure 5** | Sections de pellicules de baies montrant l'incidence de la période d'effeuillage aux vendanges 2013. A: témoin non effeuillé (variante A); B: effeuillage fermeture de grappe (variante D); C: effeuillage pré-floral (variante B). La barre d'échelle représente 100  $\mu$ m.

la variante C. Les teneurs en polyphénols des moûts n'ont pas été différentes de manière significative (moyenne indice Folin  $29,4 \pm 1,7$ ).

### Analyses chimiques et sensorielles des vins

Les analyses des vins ont confirmé les résultats obtenus sur moûts: aucune différence entre les variantes pour les teneurs en alcool (moyenne  $12,5 \pm 0,5$  % vol.), une acidité totale la plus élevée (5,0 g/l) et un pH (3,57) le plus faible dans le témoin non effeuillé (tabl. 4). L'effeuillage pré-floral (B) a permis d'obtenir des vins contenant plus d'extrait sec (22,7 g/l, contre une moyenne de 22,2 g/l

pour les trois autres variantes), un indice polyphénol supérieur (33, contre une moyenne de 30), une teneur en anthocyanes supérieure (331 mg/l, contre une moyenne de 302 mg/l); selon les coordonnées CIELab, ces mêmes vins avaient des couleurs plus intenses (clarté L plus faible) et des nuances plus violacées (couleur b plus élevée) (tabl. 4).

L'analyse sensorielle des vins a été fortement influencée par les millésimes. En moyenne sur six ans, les vins de la variante effeuillée avant floraison (B) ont eu une coloration plus intense que les variantes non effeuillée ou effeuillée à la fermeture de grappe (A et D) (tabl. 5). ➤

**Tableau 3** | Incidence de la période d'effeuillage sur la composition des moûts à la vendange. Moyenne six ans. Les valeurs suivies de lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes (Newman-Keuls test,  $P < 0,05$ ).

Variantes Période d'effeuillage	A Témoin non effeuillé	B Boutons séparés	C Floraison	D Fermeture de grappe	P value
Sucres solubles ( $^{\circ}$ Brix)	22,1	22,4	22,4	22,1	0,069
Acidité totale (g/L ac. tart.)	11,2 a	10,8 b	10,4 c	10,8 b	<0,0001
Acide tartrique (g/L)	7,6 a	7,2 b	7,1 b	7,5 a	0,002
Acide malique (g/L)	5,4 a	5,2 a	4,8 b	5,1 a	0,001
pH	3,01	3,03	3,02	3,02	0,126
Azote assimilable (mg N/L)	150 b	147 b	132 c	166 a	0,000
Glutathion (mg/L)	46	35	39	44	0,063
Indice Folin	25,6	28,3	27,5	25,9	0,553

**Tableau 4** | Incidence de la période d'effeuillage sur la composition des vins. Moyenne six ans. Les valeurs suivies de lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes (Newman-Keuls test,  $P < 0,05$ ).

Variantes Période d'effeuillage	A Témoin non effeuillé	B Boutons séparés	C Floraison	D Fermeture de grappe	P value
Acidité totale (g/L)	5,0 a	4,9 b	4,9 b	4,9 b	0,013
pH	3,57 b	3,61 a	3,61 a	3,58 ab	0,019
Glycérol (g/L)	8,7 a	8,7 a	8,6 ab	8,5 b	0,040
Extrait sec (g/L)	22,1 b	22,7 a	22,4 b	22,1 b	0,000
Indice polyphénols totaux	29 b	33 a	31 ab	29 b	0,002
Anthocyanes totaux (mg/L)	293 b	331 a	303 ab	311 ab	0,022
Clarté L	47 a	41 c	43 bc	45 ab	0,001
Couleur a (rouge/vert) a	50	52	50	50	0,175
Couleur b (jaune/bleu) b	25 c	30 a	29 ab	27bc	0,001

**Tableau 5** | Incidence de la période d'effeuillage sur le profil sensoriel des vins. Moyenne six ans. Les valeurs suivies de lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes (Newman-Keuls test,  $P < 0,05$ ).

Variantes Période d'effeuillage	A Témoin non effeuillé	B Boutons séparés	C Floraison	D Fermeture de grappe	P value
Intensité couleur	4,1 c	4,4 a	4,3 ab	4,2 bc	<b>0,004</b>
Fruité	4,2 b	4,4 a	4,4 a	4,4 a	<b>0,006</b>
Floral	1,9	1,9	2,0	2,0	0,369
Végétal	2,0 a	1,8 b	1,8 b	1,8 b	<b>0,030</b>
Epicé	2,5	2,7	2,6	2,6	0,242
Qualité bouquet	4,2 b	4,4 a	4,4 a	4,4 a	<b>0,015</b>
Volume	4,2	4,4	4,3	4,2	0,062
Acidité	4,2	4,1	4,2	4,1	0,306
Intensité tannins	4,3	4,5	4,4	4,3	0,051
Tannins secs rêches	2,9	2,7	2,6	2,6	0,132
Tannins tendres enrobés	3,3	3,4	3,5	3,5	0,138
Tannins charpentés fermes	3,1 b	3,4 a	3,4 a	3,1 b	<b>0,005</b>
Amertume	1,9	1,8	1,8	1,8	0,352
Impression générale	4,0 b	4,3 a	4,2 ab	4,2 ab	<b>0,033</b>

Au nez, les vins de la variante non effeuillée (A) ont eu des arômes moins fruités, plus végétaux, et le bouquet a été globalement moins apprécié. En bouche, les vins des variantes effeuillées à ou avant la floraison (B et C) ont eu des structures généralement plus fermes, avec notamment des tannins plus charpentés. Au final, l'effeuillage pré-floral a permis d'améliorer l'impression générale du vin, en comparaison avec le témoin non effeuillé (tabl. 5).

## Conclusions

- L'effeuillage pré-floral sur Pinot noir est une technique prophylactique intéressante dans le contexte du canton de Vaud pour limiter le rendement, augmenter la résistance aux pathogènes et modifier le profil organoleptique des vins.
- L'effeuillage pré-floral entraîne une forte compétition entre les organes végétatifs (rameaux, feuillage) et les organes reproducteurs (grappes). Il réduit fortement le taux de nouaison et le potentiel de rendement (-30 % en moyenne). Cette technique peut donc entraîner des pertes de rendement excessives et doit de ce fait être utilisée avec prudence.
- La structure des baies est également modifiée: l'épaisseur des pellicules a doublé et la concentration des polyphénols a augmenté.
- Les vins ont été positivement notés à la dégustation.
- Quelle que soit la période de réalisation, l'effeuillage reste une technique efficace contre le développement de la pourriture grise. ■

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement tous leurs collègues d'Agroscope ayant participé à cette étude: Philippe Duruz, Etienne Barmes et Sébastien Bailly pour les travaux d'entretien du vignoble expérimental; Laurent Amiet, Philippe Seixas et Isabel Pillet pour les vinifications; Francine Voinesco et Emilie Michelot pour les observations au microscope. Un grand merci également à nos stagiaires Stéphanie Quarré (Institut Jules Guyot, Dijon), Agathe Minot, Kévin Berteau et Sophie Morel (Ecole supérieure d'agriculture, Angers) pour leur aide et leur dévouement dans la collecte et la synthèse de ces données.

## Bibliographie

- Candolfi-Vacondos M. C. & Koblet W., 1990. Yield, Fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal. *Vitis* **29**, 199-221.
- Carboneau A., 1995. La surface foliaire exposée potentielle. Guide pour sa mesure. *Progr. Agric. Vitic.* **112**, 204-212.
- Hed B., Ngugi H. K. & Travis J. W., 2015. Short- and Long-Term Effects of Leaf Removal and Gibberellin on Chardonnay Grapes in the Lake Erie Region of Pennsylvania. *American Journal of Enology and Viticulture* **66** (1), 22-29.
- Kotseridis Y., Georgiadou A., Panagiotis T., Stamatina K. & Koundouras S., 2012. Effects of Severity of Post-flowering Leaf Removal on Berry Growth and Composition of Three Red *Vitis vinifera* L. Cultivars Grown under Semiarid Conditions. *J. Agric. Food Chem.* **60**, 6000-6010.
- Moreno D., Vilanova M., Gamero E., Intrigliolo D. S., Talaverano M. I., Uriarte D. & Valdes M. E., 2015. Effects of Preflowering Leaf Removal on Phenolic Composition of Tempranillo in the Semiarid Terroir of Western Spain. *American Journal of Enology and Viticulture* **66** (2), 204-211.
- Murisier F. & Zufferey V., 1997. Rapport feuille-fruit de la vigne et qualité du raisin. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **29** (6), 355-362.
- Palliotti A., Gardi T., Berrios J. G., Civardi S. & Poni S., 2012. Early source limitation as a tool for yield control and wine quality improvement in a high-yielding red *Vitis vinifera* L. cultivar. *Sci. Hortic.* **145**, 10-16.
- Poni S. & Bernizzoni F., 2010. A three-year survey on the impact of pre-flowering leaf removal on berry growth components and grape composition in cv. Barbera vines. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **44** (1), 21-30.
- Risco D., Pérez D., Yeves A., Castel J. R. & Intrigliolo D. S., 2014. Early defoliation in a temperate warm and semi-arid Tempranillo vineyard: vine performance and grape composition. *Aust. J. Grape Wine Res.* **20** (1), 111-122.
- Roland J. & Vian B., 1991. General preparation and staining of thin sections. In: *Electron Microscopy of Plant Cells*. Hall J., Hawes C. (Eds), Academic Press, London. pp 1-66. doi: 10.1016/B978-0-12-3188809.50006-5

## Summary

### Pinot Noir: Leaf removal before flowering reduces yield and changes the composition of the wine

A trial intended to study the impact of cluster-zone leaf removal on Pinot Noir vines as a function of when it is performed was conducted at the Agroscope experimental vineyard in Pully. Particular attention was paid to the composition of the berries and the sensory profile of the wines. Over a six-year period, Pinot Noir vines underwent intensive leaf stripping at different phenological stages (bud differentiation, flowering, bunch closure). This technique had a positive effect on the composition of the must and wines, mainly to the detriment of the fruit-set rate and yield. Pre-floral leaf removal resulted in an average 30 % decrease in yield potential, a doubling of the thickness of the berry skins, and a significant increase in polyphenol concentrations. Vine vigour was not affected. Early leaf-thinning is a worthwhile prophylactic technique for controlling fungal diseases, reducing excessive yields, and improving the composition of red wines.

**Key words:** leaf removal, yield regulation, Botrytis, wine composition.

## Zusammenfassung

### Pinot Noir: Entblätterung vor der Blüte reduziert den Ertrag und verändert die Zusammensetzung des Weines

Auf dem Versuchsbetrieb von Agroscope in Pully wurde ein Versuch durchgeführt, um den Einfluss der Entblätterung bei Pinot noir in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Durchführung zu untersuchen. Der Einfluss auf die Zusammensetzung der Traubenbeeren und das sensorische Profil des Weines standen dabei im Vordergrund. Während sechs Jahren wurden die Pinot noir Trauben in verschiedenen phänologischen Stadien (Knospenaufbruch, Blüte, Traubenschluss) intensiv entblättert. Die Technik hatte positive Auswirkungen auf die Zusammensetzung des Traubenmosts und der Weine, ging aber hauptsächlich zu Lasten des Fruchtansatzes und des Ertragspotential. Wurde die Entblätterung vor der Blüte durchgeführt, sank der Ertrag um durchschnittlich 30 %, die Dicke der Beerenschale verdoppelte sich und die Polyphenolkonzentration nahm stark zu. Die frühe Entblätterung stellt eine interessante prophylaktische Methode dar, um Pilzkrankheiten zu bekämpfen, übermässige Erträge zu reduzieren und die Zusammensetzung der Rotweine zu verbessern.

## Riassunto

### Sfogliatura prima della fioritura del Pinot nero limita la resa e modifica la composizione dei vini

Nel vigneto sperimentale di Agroscope a Pully sono stati condotti test per studiare l'impatto del diradamento delle foglie nell'area dei grappoli di Pinot nero in funzione del periodo. È stata posta particolare attenzione sulla composizione degli acini e sul profilo sensoriale dei vini. Per sei anni le vigne di Pinot nero sono state diradate intensamente in diverse fasi fenologiche (gemme separate, fioritura, chiusura del grappolo). Questa tecnica ha avuto conseguenze positive sulla composizione dei mosti e dei vini, soprattutto a scapito del tasso di maturazione e di resa. Con un diradamento prima della fioritura, la resa è diminuita in media del 30 %, lo spessore della pellicola delle bacche è raddoppiato e la concentrazione di polifenoli è aumentata in modo significativo. Il vigore della vigna non è stato intaccato. La rimozione precoce delle foglie è dunque un'interessante tecnica profilattica per combattere le malattie fungine, limitare le rese eccessive e migliorare la composizione dei vini rossi.

- Sabbatini P. & Howell G. S., 2010. Effects of Early Defoliation on Yield, Fruit Composition, and Harvest Season Cluster Rot Complex of Grapevines. *HortScience* 45 (12), 1804-1808.
- Sivilotti P., Herrera J. C., Lisjak K., Basa Cesnik H., Sabbatini P., Peterlunger E. & Castellarin S. D., 2016. Impact of Leaf Removal, Applied Before and After Flowering, on Anthocyanin, Tannin, and Methoxyphenol Concentrations in 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) Grapes and Wines. *J Agric Food Chem* 64 (22), 4487-96.
- Spring J.-L. & Verdenal T., 2017. Fertilisation en viticulture. In: Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse (PRIF 2017). 8 (Eds. Sinaj S. & Krauss J.), Recherche agricole suisse, Publication spéciale, 276 p.
- Talaverano M. I., Moreno D., Rodríguez-Pulido F. J., Valdés M. E., Gamero E., Jara-Palacios M. J. & Heredia F. J., 2016. Effect of early leaf removal on *Vitis Vinifera* L. cv. Tempranillo seeds during ripening based on chemical and image analysis. *Scientia Horticulturae* 209, 148-155.
- Tardaguila J., Diago M. P., Martínez de Toada F., Poni S. & Vilanova M., 2008. Effects of timing of leaf removal on yield, berry maturity, wine composition and sensory properties of cv. Grenache grown under non-irrigated conditions. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 42 (4), 221-229.
- Uriarte D., Picón J., Mancha L. A., Blanco J., Prieto M. H., Moreno D., Gamero E., Valdés E., Risco D., Castel J. R. & Intrigliolo D. S., 2012. Early defoliation of "Tempranillo" grapevines in semi-arid terroirs of Spain. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium, 299-306.
- Verdenal T., Zufferey V., Dienes-Nagy A., Gindro K., Belcher S., Lorenzini F., Rösti J., Koestel C., Spring J.-L. & Viret O., 2017. Pre-flowering defoliation affects berry structure and enhances wine sensory parameters. *OENO One*, 51 (3). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1808>