

# Influence de couverts végétaux sur la qualité des raisins et des vins de Chasselas

Vivian Zufferey<sup>1</sup>, Nicolas Delabays<sup>2</sup>, Thibaut Verdenal<sup>1</sup>, Jean-Sébastien Reynard<sup>1</sup>, Agnès Dienes<sup>3</sup>, Sandrine Belcher<sup>3</sup>, Fabrice Lorenzini<sup>3</sup>, Stefan Bieri<sup>3</sup>, Marie Blackford<sup>3</sup>, Gilles Bourdin<sup>3</sup>, Jorge E. Spangenberg<sup>4</sup>, Christoph Carlen<sup>5</sup>, Jean-Laurent Spring<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 1009 Pully, Suisse

<sup>2</sup>Hepia, Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève, HES-SO/Genève, 1254 Jussy, Suisse

<sup>3</sup>Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

<sup>4</sup>Université de Lausanne, Institut des dynamiques de la surface terrestre (IDYST), 1015 Lausanne, Suisse

<sup>5</sup>Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

Renseignements: [vivian.zufferey@agroscope.admin.ch](mailto:vivian.zufferey@agroscope.admin.ch)

<https://doi.org/10.34776/afs15-38> Date de publication: 14. Février 2024



Essai de couverts végétaux au vignoble d'Agroscope à Changins-Nyon. (Photo: Agroscope)

## Résumé

Un essai de comparaison de couvertures végétales permanentes des inter-rangs a été mené de 2019 à 2021 au domaine expérimental d'Agroscope à Changins-Nyon (Vaud). Ont été comparés, à un témoin en non culture (sol nu), des couverts herbacés naturels ou semés, afin d'étudier leurs effets sur le comportement agronomique de la vigne et la qualité des raisins et des vins de Chasselas. En l'absence de contrainte hydrique, l'enherbement naturel ou semé de l'interligne n'a pas exercé d'influence prépondérante sur les composantes du rendement comme la fertilité des bourgeons, le poids des grappes et des baies, ni sur la vigueur des sarments par rapport au désherbage chimique du sol. La composition des baies (teneur en sucres, pH, acidité totale, acide tartrique et malique) à la vendange a été identique quel

que soit l'entretien du sol. L'enherbement naturel et l'engazonnement de l'interligne avec des semis de couverts végétaux a entraîné une diminution de la teneur en azote assimilable des raisins par rapport à la non culture (sol nu). La teneur en  $\text{NH}_3$  et en acides aminés primaires ( $\alpha$ -aminés) des baies a été plus faible dans les variantes enherbées. A la dégustation, les vins issus des variantes enherbées ont présenté un bouquet plus discret et des notes d'amertume légèrement plus élevées que les vins issus de vignes conduites en non culture au sol. Les différences se sont essentiellement manifestées en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année d'expérimentation.

**Key words:** soil management, cover crop, berry composition, wine quality.

## Introduction

L'entretien des sols est au cœur d'enjeux agronomiques et environnementaux importants dans le contexte du réchauffement climatique et d'une viticulture durable visant à diminuer l'utilisation des intrants (herbicides, engrais chimiques...) et à préserver les ressources naturelles. Sa gestion constitue un défi pour le viticulteur. Il doit à la fois chercher à tirer profit des avantages environnementaux et culturels des couvertures herbeuses (limitation de l'érosion, amélioration de la structure et de l'activité biologique des sols, maintien de la matière organique, promotion de la biodiversité floristique et faunistique...) et à limiter leurs inconvénients en assurant les rendements et la qualité des raisins et du vin (Spring 2001, Delabays *et al.*, 2016). Selon les conditions pédoclimatiques, la topographie du vignoble et les possibilités de mécanisation, la maîtrise des adventices entre les rangs et sous les ceps est rendue difficile avec des risques de concurrence hydro-azotée pour la vigne si un enherbement spontané ou semé est réalisé. La végétation naturelle des vignes, composée d'un nombre relativement restreint d'espèces (Clavien et Delabays, 2006), souvent vigoureuses, nécessite des coupes fréquentes selon les conditions de l'année. Afin de conserver les avantages des couverts végétaux tout en limitant leurs inconvénients, la sélection spécifique d'espèces végétales peu vigoureuses, potentiellement moins concurrentielles pour l'eau et l'azote, a fait l'objet de recherches, notamment en Suisse (Delabays *et al.*, 2000; 2016, Delabays, 2019). L'engazonnement des vignes, composé d'espèces sélectionnées pour leurs propriétés allélopathiques, leur faible vigueur, et/ou leur type rampant ou nain, devrait être adapté au contexte pédoclimatique du vignoble et répondre aux objectifs d'un enherbement moins concurrentiel avec un entretien limité.

Dans ce contexte, un essai comparant différents entretiens et couvertures du sol dans l'interligne a été mis en place durant trois années consécutives dans les conditions du bassin lémanique, à Changins-Nyon. Ont été comparés à un témoin désherbé chimiquement (sol nu), trois couvertures herbacées permanentes: l'enherbement naturel spontané, le semis d'un mélange viticole standard (UFA 2), un mélange composé d'espèces moins vigoureuses, et donc potentiellement moins concurrentielles (Delabays, 2020). L'article présente les principaux résultats de l'évolution floristique des enherbements spontanés et semés à l'étude, du comportement agronomique et de la qualité des raisins et des vins de Chasselas.

## Matériel et méthodes

### Dispositif expérimental

Les essais ont été conduits de 2019 à 2021 au domaine expérimental d'Agroscope à Changins (Nyon) dans le canton de Vaud (Suisse). Le sol est une moraine compacte de faible profondeur (1,0 à 1,5 m) qui recouvre la molasse. La réserve utile en eau est estimée à environ 130 mm. Les précipitations annuelles moyennes sur le site de Changins s'élèvent à près de 1000 mm (tabl. 1). L'essai a été planté avec le cépage Chasselas clone 800, greffé sur 3309C, en 2003. La vigne est conduite en Guyot simple (200 × 85 cm) avec six rameaux par souche. L'ensemble de la parcelle expérimentale a été travaillé à l'automne 2018. Puis quatre variantes d'entretien et de couverture du sol dans l'interligne ont été comparées. Dans la première variante, l'interligne a été désherbée chimiquement (glyphosate) à plusieurs reprises en cours de saison (deux à trois fois selon les années) pour maintenir le sol en non culture (sol nu). Ce procédé correspond donc à un témoin sans compétition. L'interligne de la deuxième variante est constituée d'un enherbement spontané ou naturel. L'interligne de la troisième variante a été semée avec le mélange UFA 2; un mélange de référence pour les couverts viticoles, composé de graminées (*Festuca arundinacea*, *F. ovina*, *F. rubra*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*). Enfin, l'interligne de la quatrième variante a été semée avec le mélange MCS4 (mélange pour cultures spéciales), composé d'espèces moins vigoureuses (Delabays, 2019): *Bromus tectorum*, *Poa compressa*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, de *Sanguisorba minor* et *Prunella vulgaris*. Le cavillon a

**Tableau 1** | Précipitations mensuelles (mm) sur le site expérimental de Nyon-Changins (Suisse) durant la période d'étude (2019–2021) comparée à la moyenne à long terme (1981–2010).

	2019	2020	2021	long terme
Janvier	44	40	138	84
Février	38	104	42	73
Mars	79	88	45	70
Avril	64	20	23	67
Mai	58	93	167	86
Juin	124	125	114	83
Juillet	70	23	180	78
Août	88	87	71	78
Septembre	22	71	49	92
Octobre	146	202	66	102
Novembre	147	15	47	91
Décembre	178	71	169	96
Année	1075	1025	1175	1000

été maintenu propre durant la saison par un désherbage mécanique au moyen de disques émotteurs (étoiles Kress). L'expérimentation a été menée avec 40 souches par variante, disposées aléatoirement en quatre répétitions de dix souches chacune. La récolte a été limitée en maintenant une grappe par rameau (suppression de six grappes par cep) au stade petit pois.

### Mesure de l'état hydrique de la vigne et de la composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ )

Le régime hydrique de la vigne a été déterminé au moyen d'indicateurs physiologiques que sont le potentiel hydrique de tige et la composition isotopique du carbone dans les sucres de raisin à la vendange. Le potentiel hydrique de tige ( $\Psi_{\text{TIGE}}$ ) a été mesuré au moyen de la chambre à pression de marque PMS Instrument and Co., modèle 1002 (Scholander *et al.*, 1965) au stade véraison. La mesure a été réalisée l'après-midi entre 14 h et 15 h, au moment où l'évapotranspiration est la plus élevée. Les mesures de potentiel hydrique ont été faites sur des feuilles adultes, non sénescentes, situées dans la zone médiane du rameau. Les feuilles ont été emballées avec un sachet en aluminium, environ une heure avant la mesure (Fulton *et al.*, 2001), pour réduire au maximum la transpiration des feuilles. L'échantillonnage a été constitué de huit feuilles par variante (deux feuilles par répétition).

La composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$  ou le rapport entre le  $^{13}\text{C}$  et le  $^{12}\text{C}$ ) a été analysée sur les sucres des moûts prélevés au foulage selon la méthodologie d'Avice *et al.* (1996) au laboratoire de l'Université de Lausanne par spectrométrie de masse (EA-IRMS).

### Suivi de la composition botanique des couverts végétaux au sol

Les protocoles appliqués pour l'observation de la végétation et de sa dynamique se basent sur celui décrit en détails dans l'article de Delabays *et al.* (2021). L'obser-

**Tableau 2** | Valeurs du potentiel hydrique de tige ( $\Psi$ , MPa), mesuré à la véraison, durant la période d'étude (2019–2021) pour les différents entretiens du sol. Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5%. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse).

	Potentiel hydrique de tige ( $\Psi$ , MPa)		
	2019	2020	2021
Sol nu (désherbé)	-0,52 a	-0,54 a	-0,58 a
Enherbement spontané	-0,65 a	-0,65 b	-0,64 a
Mélange «MCS4»	-0,63 a	-0,67 b	-0,64 a
Mélange «UFA»	-0,62 a	-0,62 b	-0,63 a

vation débute par un relevé systématique des espèces présentes dans la zone considérée (zone d'étude): dans ce cas, les inter-rangs. Une estimation des couvertures du sol, assurées par les différentes espèces, est ensuite effectuée en utilisant l'échelle à dix degrés de Londo (1976), bien adaptée aux situations de couverts végétaux de type «engazonnement» et transposable, si désiré, dans l'échelle classique de Braun-Blanquet. Les estimations sont rapportées sur une échelle relative à un total de 100 % de couverture (y compris les éventuelles catégories «sol nu» et «résidus végétaux secs»).

### Nutrition minérale des feuilles et des baies, et poids des bois de taille

Une analyse foliaire a été réalisée pour déterminer les taux de N, P, K, Ca et Mg des feuilles situées dans la zone des grappes à la véraison. L'échantillonnage a consisté à prélever 24 feuilles par variante (six par répétition). L'indice chlorophyllien a été évalué par la mesure du N-tester (Yara, Nanterre, France) sur 30 feuilles adultes par répétition au-dessus de la zone des grappes à la véraison. L'azote assimilable des raisins a été mesuré par spectrométrie NIR (WineScan®, FOSS NIRSystems, USA). La méthode quantifie les composés azotés du moût indispensables pour une bonne fermentation. La concentration des ions ammonium et des acides aminés primaires ( $\alpha$ -aminés), à l'exception de la proline, a également été analysée au laboratoire d'Agroscope de Changins. En hiver, le poids individuel de dix sarments (avant dernier sarment sur la branche à fruits) par répétition (40 par variante) a été mesuré.

### Composantes du rendement, composition des baies, analyses et dégustation des vins

La fertilité des bourgeons (nombre d'inflorescences par rameau) a été comptée chaque année peu avant la floraison. A la vendange, 50 baies par répétition (200 baies par variante) ont été sélectionnées au hasard et

**Tableau 3** | Composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ ) dans les sucres du moût à la vendange durant la période d'étude (2019–2021) pour les différents entretiens du sol. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse).

	Composition isotopique du C ( $\delta^{13}\text{C}$ , ‰)		
	2019	2020	2021
Sol nu (désherbé)	-27,5	-27,5	-27,9
Enherbement spontané	-27,4	-27,2	-27,9
Mélange «MCS4»	-27,4	-26,4	-28,0
Mélange «UFA»	-27,4	-27,0	-27,9

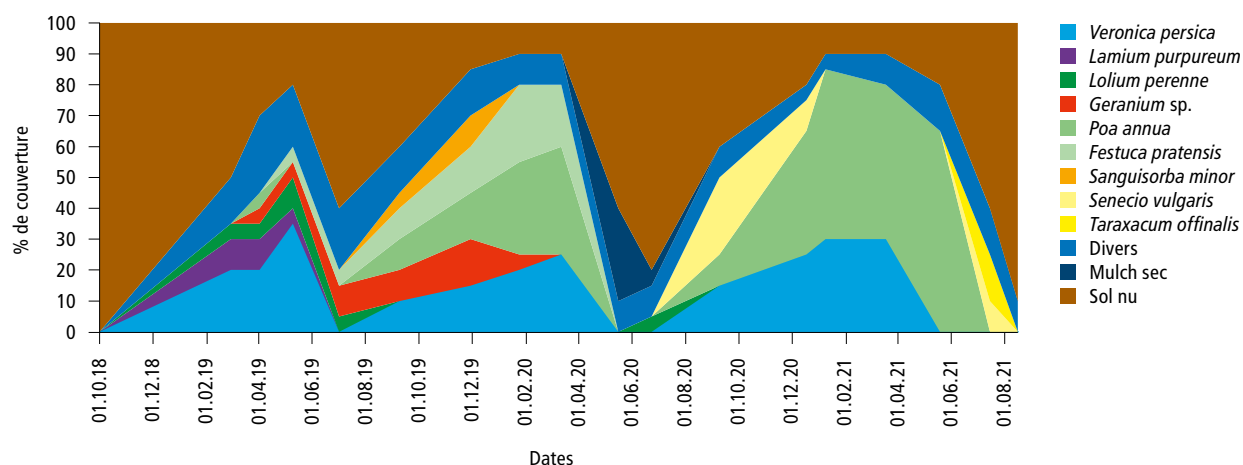


Figure 1 | Évolution de la végétation observée avec l'entretien du sol en non culture.

pesées pour déterminer le poids individuel des baies. Le rendement par souche divisé par le nombre de grappes par plante a permis de calculer le poids moyen des grappes à la récolte. Le rendement exprimé par m<sup>2</sup> de sol (kg/m<sup>2</sup>) a été déterminé pour chaque répétition et chaque variante.

L'analyse de la composition des baies à la vendange comprenait les sucres solubles, exprimés en brix (%), le pH, l'acidité totale, l'acide tartrique et l'acide malique. Des micro-vinifications (environ 60 kg par variante) ont été réalisées sur le même protocole pour toutes les variantes d'entretien du sol, à la cave expérimentale de Changins à Nyon. L'analyse de la composition chimique des vins a été effectuée en utilisant la spectroscopie à infrarouge. L'analyse sensorielle des vins a été conduite deux à trois mois après la mise en bouteilles par un panel de douze dégustateurs entraînés. Les dégustateurs ont jugé seize attributs sensoriels liés à l'apparence, au bouquet et au palais. Les vins ont été évalués sur une échelle de notes allant de 1 (faible, aucune perception) à 7 (élevé, perception intense).

Tableau 4 | Indice chlorophyllien des feuilles (N-tester), mesuré à la véraison, durant la période d'étude (2019–2021) pour les différents entretiens du sol. Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5 %. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse).

	Indice chlorophyllien des feuilles (N-tester)		
	2019	2020	2021
Sol nu (désherbé)	552 a	500 a	444 a
Enherbement spontané	527 a	444 b	364 b
Mélange «MCS4»	526 a	449 b	374 ab
Mélange «UFA»	516 a	440 b	384 ab

### Analyses statistiques

La significativité de chaque variante a été évaluée par l'analyse de variance ( $P < 0,05$ ) complétée par une comparaison simple du test de Newman-Keuls en utilisant le programme XLSTAT 2011.2.04 (Addinsoft, Paris, France).

## Résultats et discussion

### Conditions climatiques

La moyenne annuelle des précipitations à long terme (période 1980–2010) s'élève à 1000 mm à Changins-Nyon (tabl. 1). Durant la période d'étude, les millésimes 2019 et 2020 ont été légèrement plus arrosés que la moyenne à long terme avec respectivement 1075 et 1025 mm. Le millésime 2021 a été plus humide avec 1175 mm durant l'année. En 2019, les précipitations mensuelles durant la période de végétation (avril–octobre) ont été très proches de la moyenne à long terme. Seul le mois de juin a été plus humide avec 124 mm. Le millésime 2020 a été le plus sec des trois millésimes, particulièrement en avril (20 mm) et en juillet (23 mm). En juin par contre,

Tableau 5 | Analyses foliaires (% de la matière sèche, MS): teneurs en azote (N), phosphore (P), potasse (K), calcium (Ca) et magnésium (Mg) à la véraison. Poids des bois de taille (g/sarment) pour les différents entretiens du sol. Moyennes 2019–2021. Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5 %. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse).

	Analyses foliaires (% MS)					Poids bois de taille (g/sarment)
	N	P	K	Ca	Mg	
Sol nu (désherbé)	2,21 a	0,21 a	1,49 a	2,66 a	0,27 a	68 a
Enherbement spontané	2,12 a	0,21 a	1,40 a	2,56 a	0,31 a	67 a
Mélange «MCS4»	2,06 a	0,21 a	1,49 a	2,47 a	0,30 a	64 a
Mélange «UFA»	2,01 a	0,23 a	1,38 a	2,55 a	0,28 a	66 a

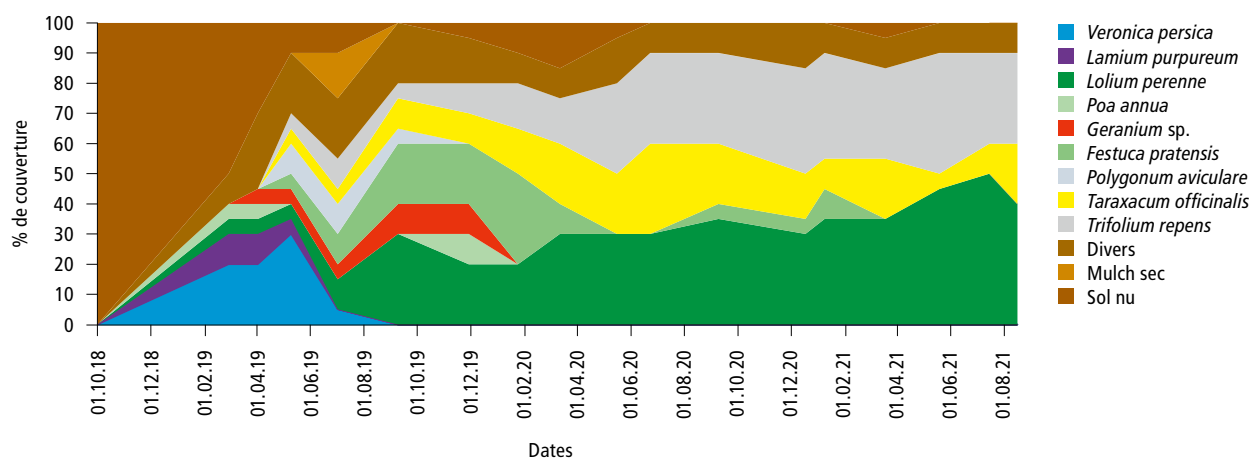


Figure 2 | Évolution de la végétation observée avec le couvert «végétation spontanée».

les précipitations ont été relativement abondantes avec 126 mm. Le millésime 2021 a été caractérisé par des précipitations élevées en mai, juin et juillet avec près de 450 mm durant cette période.

#### Composition botanique des couverts végétaux

Les figures 1 à 4 présentent l'évolution de la végétation observée dans les quatre modalités de l'essai<sup>1</sup>.

Dans le procédé régulièrement désherbé, sans surprise, seules quelques annuelles, plutôt hivernales, peuvent opportunément occuper partiellement le sol entre deux interventions, principalement *Veronica persica* et *Poa annua*; autrement, le sol nu domine largement durant les périodes estivales (fig. 1).

La flore observée dans le procédé «végétation spontanée» suit une évolution classique (fig. 2): après le travail du sol effectué lors de la mise en place de l'essai, des annuelles hivernales (*Veronica persica*, *Lamium purpureum*) s'installent, puis sont progressivement remplacées par des espèces prairiales très communes: *Lolium perenne*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*. Avec

<sup>1</sup> Ne figurent explicitement sur les graphiques que les espèces ayant, lors des relevés, assuré, au moins une fois, un minimum de 5 % de couverture; les autres espèces sont rassemblées dans la catégorie «Divers».

cette modalité, le sol est correctement et continuellement couvert dès le premier printemps, mais cette végétation est relativement vigoureuse et potentiellement concurrentielle. Par ailleurs très banale, elle ne contribue pas à la promotion de la biodiversité; de fait, elle ne permet même pas d'atteindre le niveau de qualité I.

Le mélange viticole standard, en l'occurrence l'UFA 2, est composé d'espèces typiques des prairies fourragères (*Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Festuca sp.*), et plus précisément de variétés sélectionnées: ce matériel germe parfaitement et permet l'installation rapide d'une bonne couverture du sol. Cette dernière est cependant très vigoureuse, et donc potentiellement très concurrentielle. Et concernant la promotion de la biodiversité, elle ne remplit pas, elle non plus, les critères du niveau de qualité I.

Enfin, avec le mélange MCS4 (fig. 4), on observe, lors du semis, une installation relativement modeste du brome des toits (*Bromus tectorum*), qui permet néanmoins, parallèlement à l'expression d'une flore annuelle hivernale spontanée (*Veronica persica*, *Lamium purpureum*, *Stellaria media*), de ralentir l'installation des espèces prairiales, tant les semées (*Poa compressa*, *Medicago lupulina*, *Sanguisorba minor*, *Lotus corniculatus*), que les

Tableau 6 | Teneurs en  $\text{NH}_3$ ,  $\alpha$ -aminés et azote assimilable par les levures (YAN) à la vendange durant la période d'étude (2019–2021) en fonction de l'entretien des sols. Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5 %. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse).

	2019			2020			2021		
	$\text{NH}_3$ (mg/l)	$\alpha$ -aminés (mg/l)	YAN (mg/l)	$\text{NH}_3$ (mg/l)	$\alpha$ -aminés (mg/l)	YAN (mg/l)	$\text{NH}_3$ (mg/l)	$\alpha$ -aminés (mg/l)	YAN (mg/l)
Sol nu (désherbé)	59 a	181 a	230 a	21 a	101 a	118 a	54 a	78 a	122 a
Enherb. spontané	55 a	157 a	203 a	9 b	65 b	72 b	34 b	43 b	72 b
Mélange «MCS4»	51 a	140 a	182 a	9 b	63 b	70 b	31 b	33 b	59 b
Mélange «UFA»	50 a	145 a	186 a	8 b	66 b	73 b	27 b	39 b	62 b

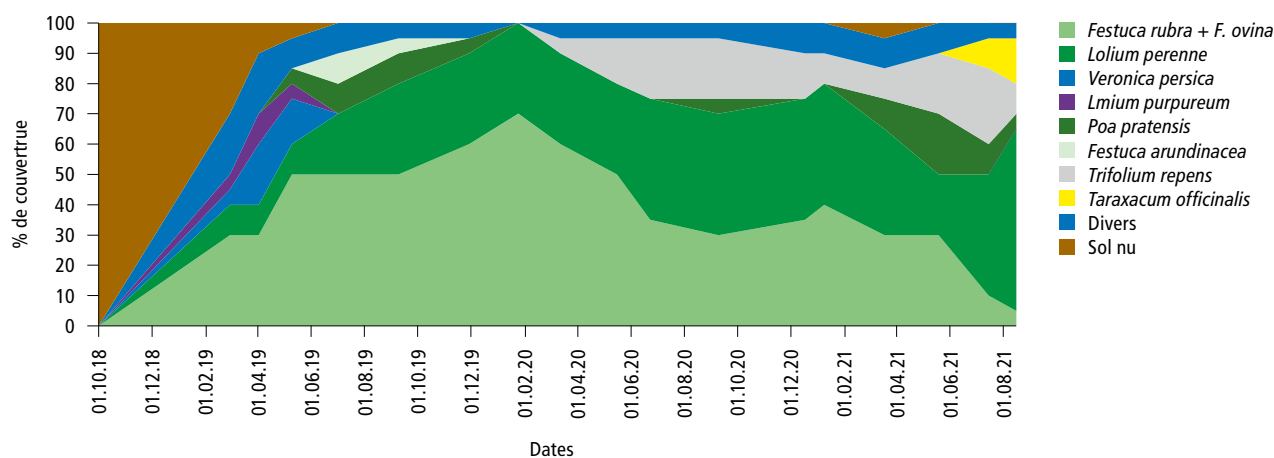


Figure 3 | Évolution de la végétation observée avec le couvert «mélange viticole UFA 2».

spontanées (*Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Taraxacum officinale*). L'objectif des mélanges MCS est bien de promouvoir l'installation de plantes prairiales moins vigoureuses, afin d'aboutir à un couvert permanent moins concurrentiel, et permettant d'atteindre, pour la promotion de la biodiversité, au moins le niveau de qualité I. Dans le cadre de cet essai, les espèces semées n'ont que partiellement limité l'installation des espèces prairiales agressives: de fait, le couvert perd son niveau de qualité I à partir du printemps 2021 déjà. Explications, non exclusives, possibles: installation trop modeste du brome des toits lors du semis (préparation du sol, qualité des semences, densité insuffisante), forte pression du stock semencier des espèces prairiales spontanées, densité de semis du mélange insuffisante.

Des investigations et expérimentations ad hoc sont encore nécessaires pour assurer la maîtrise de ces aspects. En particulier, la sélection d'espèces peu concurrentielles mériterait encore une approche plus approfondie: une

moindre vigueur de la végétation de surface, estimée généralement sur la base de la taille et/ou de la biomasse des parties aériennes – critères actuels de sélection des plantes pour la constitution des mélanges MSC –, si elle permet bien une réduction du régime des fauches, ainsi que l'expression d'une plus grande biodiversité, ne garantit cependant pas une concurrence moindre. Par définition, la concurrence générée par une plante correspond à sa capacité, en situation de compétition, à utiliser les ressources de l'environnement: lumière, eau, substances nutritives. Schématiquement, ces ressources captées par une plante vont être attribuées, par cette dernière, à trois compartiments: les structures aériennes (feuilles, tiges, fleurs et fruits), les organes souterrains (racines, rhizomes, bulbes, ...), enfin la rhizodéposition directe d'une partie, souvent non négligeable, des assimilés de la photosynthèse. Déduire le pouvoir concurrentiel d'une espèce sur la seule observation de ses parties aériennes n'est donc probablement pas suffisant.

Tableau 7 | Composantes du rendement: fertilité des bourgeons (nombre d'inflorescences par rameau), dégrappage par souche, poids des baies et des grappes et rendement (Rdt par m<sup>2</sup> de sol) à la vendange. Moyennes 2019–2021. Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5%. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse).

	Fertilité bourgeons (inflo/rameau)	Dégrappage (-x grappes par cep)	Poids baie (g)	Poids grappe (g)	Rdt (kg/m <sup>2</sup> )
Sol nu (désherbé)	2,1 a	-7 a	3,0 a	318 a	1,13 a
Enherb. spontané	2,1 a	-6,5 a	2,9 a	310 a	1,20 a
Mélange «MCS4»	2,2 a	-7 a	3,0 a	320 a	1,17 a
Mélange «UFA»	2,1 a	-6,5 a	2,9 a	316 a	1,13 a

Tableau 8 | Caractéristiques de la vendange: sucres solubles (% Brix), pH et acide titrable (acidité totale, acides tartrique et malique) dans le moût. Moyennes 2019–2021. Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5%. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse).

	Sucres solubles (% Brix)	pH	Acidité totale (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acide malique (g/l)
Sol nu (désherbé)	18,8 a	3,32 a	5,4 a	5,2 a	2,4 a
Enherb. spontané	18,9 a	3,26 b	5,3 a	5,2 a	2,1 a
Mélange «MCS4»	18,7 a	3,27 b	5,4 a	5,2 a	2,2 a
Mélange «UFA»	19,0 a	3,26 b	5,3 a	5,3 a	2,1 a

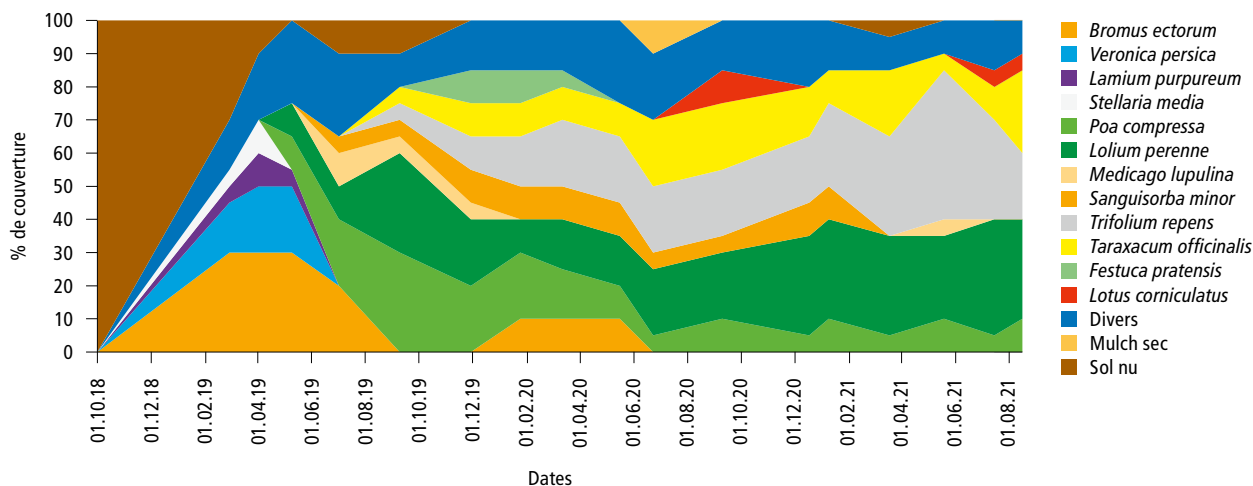


Figure 4 | Évolution de la végétation observée avec le couvert «mélange MCS 4».

### Alimentation hydrique de la vigne

Les mesures du potentiel hydrique de tige ( $\Psi_{TIGE}$ ), réalisées à la véraison (mi-août), montrent que la vigne n'a souffert d'aucune restriction en eau durant les trois années d'étude, quel que soit le mode d'entretien du sol (tableau 2). Les valeurs de  $\Psi_{TIGE}$  comprises entre  $-0,52$  et  $-0,67$  MPa témoignent d'une absence de contrainte hydrique selon les seuils établis par différents auteurs (van Leeuwen *et al.* 2009; Zufferey *et al.*, 2022). Les précipitations relativement élevées durant la période estivale (juin-août) expliquent ce fait. L'absence de stress hydrique est confirmée par les analyses de la composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}C$ ) des sucres de raisins à la vendange (tabl. 3) avec des valeurs comprises entre  $-26,4$  et  $-28,0$  pour mille. Les analyses du  $\delta^{13}C$  représentent un bon indicateur des conditions d'alimentation en eau de la vigne durant la phase d'accumulation des sucres dans les baies, c'est-à-dire de la véraison à la vendange (Gaudillère *et al.*, 1999).

### Nutrition minérale et vigueur des sarments

L'indice chlorophyllien (N-tester) est un outil basé sur des mesures indirectes et non destructives permettant d'évaluer le statut azoté du feuillage. Les mesures reflètent l'intensité de la couleur verte du feuillage et sont bien corrélées avec les concentrations en chlorophylle et en azote des feuilles (Spring et Zufferey, 2000). Des seuils d'interprétation ont été proposés pour les mesures effectuées à la véraison pour le Chasselas notamment (Spring et Jelmini, 2002). Les valeurs de l'indice chlorophyllien en 2019 traduisent un niveau normal (autour de 520 pour les variantes enherbées) à élevé ( $> 540$  pour le sol nu) d'alimentation azotée du feuillage (tableau 4). En 2020, le niveau d'alimentation azotée du couvert est considéré comme faible dans les variantes enherbées avec des valeurs comprises entre 440 et 450. Pour l'entretien du sol conduit en non culture (sol nu), les valeurs sont plus élevées et atteignent 500. A la véraison 2021, le niveau d'alimentation azotée du feuillage est considéré

Tableau 9 | Évaluation sensorielle des vins en fonction de l'entretien des sols: impression olfactive (bouquet), gustative (structure, amertume) et globale. L'échelle des notes va de 1 (faible) à 7 (élevé). Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5%. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse), millésime 2019.

	Bouquet (note 1-7)	Structure (note 1-7)	Amertume (note 1-7)	Impression générale (note 1-7)
Sol nu (désherbé)	4,1 a	4,3 a	2,4 a	4,0 a
Enherb. spontané	4,0 a	4,2 a	2,6 a	4,0 a
Mélange «MCS4»	4,0 a	4,3 a	2,4 a	4,1 a
Mélange «UFA»	4,0 a	4,2 a	2,5 a	4,0 a

Tableau 10 | Évaluation sensorielle des vins en fonction de l'entretien des sols: impression olfactive (bouquet), gustative (structure, amertume) et globale. L'échelle des notes va de 1 (faible) à 7 (élevé). Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5%. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse), millésime 2020.

	Bouquet (note 1-7)	Structure (note 1-7)	Amertume (note 1-7)	Impression générale (note 1-7)
Sol nu (désherbé)	4,1 a	4,5 a	2,2 a	4,2 a
Enherb. spontané	4,1 a	4,3 a	2,3 a	4,0 a
Mélange «MCS4»	3,9 a	4,2 a	2,7 a	3,8 a
Mélange «UFA»	4,1 a	4,4 a	2,7 a	3,9 a

comme très faible dans les variantes enherbées avec des valeurs inférieures à 400 d'indice chlorophyllien. Seule la variante désherbée (sol nu) présente une valeur un peu plus haute autour de 440.

Les résultats d'analyses foliaires montrent que l'entretien du sol n'a pas influencé de manière significative la teneur en N, P, K, Ca et Mg des feuilles de vigne lors des millésimes 2019 à 2021 dans les conditions de notre étude (tableau 5). La vigueur des sarments, évaluée par le poids des bois de taille en hiver, n'a pas été influencée par les différentes variantes d'entretien des sols (tabl. 5) en moyenne des années.

En 2019, les teneurs en azote assimilable des raisins (YAN, pour *yeast available nitrogen* en anglais) et ses composés ( $\text{NH}_3 + \alpha$ -aminés) à la vendange sont élevées et ne présentent aucune différence significative quel que soit l'entretien des sols (tabl. 6). La destruction du gazon à l'automne 2018 lors de la préparation du semis a entraîné une minéralisation de l'azote dans le sol et une absorption importante au printemps suivant dans toutes les variantes à l'essai et a certainement contribué à masquer les différences de nutrition azotée entre les variantes pour le millésime 2019. Des valeurs supérieures à 180 mg N par litre de moût sont considérées comme optimales pour assurer une fermentation alcoolique sans entrave et une belle expression du bouquet et des arômes chez le cépage Chasselas (Lorenzini, 1996; Spring 2001; Verdenal *et al.*, 2022). Lors des millésimes 2020 et 2021 par contre, on observe des teneurs plus faibles en  $\text{NH}_3$ ,  $\alpha$ -aminés et en azote assimilable dans les raisins issus des variantes enherbées par rapport au sol nu avec un désherbage chimique. La concurrence pour l'azote entre les couverts végétaux au sol et la vigne s'est manifestée au cours de l'étude. L'enherbement spontané ou semé (mélanges MCS4 et UFA viticole) a provoqué une forte carence en azote assimilable des raisins avec des valeurs comprises entre 60 et 75 mg N par litre de

moût. La suppression de la couverture herbeuse (sol nu) a entraîné une augmentation de la teneur en azote assimilable des moûts (valeurs autour de 120 mg N par litre) qui témoignent également d'une carence, cependant moins importante que celle induite par l'enherbement de l'interligne.

Le choix des espèces utilisées pour la culture de couverture au sol s'avère important pour ne pas impacter négativement les rendements selon les conditions pédoclimatiques et garantir la qualité des produits. La recherche d'espèces peu concurrentielles pour l'eau et les nutriments du sol (l'azote en particulier) constitue un défi important dans un contexte de réchauffement climatique et de réduction des intrants (Célette *et al.*, 2009; Spring *et al.*, 2014). Des études en cours cherchent à tirer profit des avantages liés à une couverture végétale permanente, de faible vigueur, à développement rapide et doté d'un pouvoir d'allélopathie vis-à-vis d'espèces indésirables (Delabays *et al.*, 2000, 2016; Fantasia *et al.* 2020).

#### Composantes du rendement et composition des baies

La fertilité des bourgeons, le poids des baies et des grappes n'ont pas été influencés de manière significative par l'entretien des sols. Le dégrappage a été nécessaire tous les ans afin de maintenir une grappe par rameau. A la vendange, le rendement s'est élevé à environ 1,2 kg/m<sup>2</sup> en moyenne des années et a été identique dans toutes les variantes. Aucune différence significative n'a été relevée pour la teneur en sucres, l'acidité totale, l'acide tartrique et malique des raisins durant la période d'étude.

#### Analyse sensorielle des vins

L'analyse sensorielle des vins, effectuée deux mois après la mise en bouteille, n'a pas permis de distinguer des différences olfactives et gustatives entre les variantes enherbées et désherbées lors du millésime 2019 en accord avec l'absence de différences concernant la nutrition azotée pour ce millésime. Les notes de bouquet, de structure et d'amertume en bouche, ainsi que l'impression globale de la qualité des vins ont été très proches. En 2020, aucune différence significative n'a été observée entre les vins issus des divers entretiens du sol. Néanmoins, les vins issus des variantes engazonnées avec les mélanges MCS4 et UFA viticole ont présenté des notes d'amertume légèrement plus élevées, un bouquet plus discret aussi en comparaison de l'enherbement spontané et du sol nu. En 2021, les vins issus de la variante désherbée (sol nu) ont été préférés à la dégustation avec des notes plus élevées à l'impression générale, au

**Tableau 11** | Evaluation sensorielle des vins en fonction de l'entretien des sols: impression olfactive (bouquet), gustative (structure, amertume) et globale. L'échelle des notes va de 1 (faible) à 7 (élevé). Les lettres indiquent une différence significative statistiquement au niveau de probabilité de 5 %. Chasselas, Nyon-Changins (Suisse), millésime 2021.

	Bouquet (note 1–7)	Structure (note 1–7)	Amertume (note 1–7)	Impression générale (note 1–7)
Sol nu (désherbé)	4,2 a	4,3 a	2,2 a	4,2 a
Enherb. spontané	3,4 b	3,9 b	2,9 b	3,5 b
Mélange «MCS4»	3,9 ab	3,9 b	3,2 b	3,6 b
Mélange «UFA»	3,8 ab	3,9 b	2,9 b	3,5 b



bouquet et à la structure en bouche par rapport aux variantes enherbées. L'amertume a été moins perçue dans les vins provenant de la variante en sol nu dont les moûts étaient plus riches en azote assimilable. Aucune différence olfactive et gustative n'a été notée entre l'enherbement naturel et semé dans l'interligne.

## Conclusions

L'essai d'entretien du sol dans l'interligne, mené dans les conditions du bassin lémanique à Changins-Nyon, a permis de mettre en évidence les points suivants:

- L'enherbement naturel ou semé avec les mélanges MSC4 et UFA viticole a entraîné une diminution de la composition azotée des raisins à la vendange, soit du  $\text{NH}_3$ , des acides aminés primaires ( $\alpha$ -aminés) et au final de l'azote assimilable en comparaison de la non culture (sol nu).
- En l'absence de contrainte hydrique, les composantes du rendement (fertilité des bourgeons, poids des baies et des grappes) et la vigueur des sarments ont été identiques quel que soit l'entretien du sol.

- Les différents entretiens du sol n'ont pas exercé d'influence prépondérante sur la composition des baies comme la teneur en sucres, le pH, l'acidité totale, tartrique et malique.
- Les vins issus des variantes enherbées ont été jugés légèrement plus amers et leur bouquet plus discret que ceux issus de la variante en non culture.
- La sélection, puis l'installation et le maintien d'espèces peu concurrentielles pour l'enherbement des parcelles viticoles, nécessitent encore des investigations approfondies, respectivement sur les caractéristiques biologiques et physiologiques des espèces, ainsi que sur les itinéraires techniques permettant d'optimiser leur installation et leur entretien. ■

## Remerciements

Les auteurs remercient les équipes de viticulture, de technologie et d'analyse des vins d'Agroscope pour leur excellent travail et leur précieuse collaboration.

## Bibliographie

- Avice, J., Ourry, A., Lemaire, G., & Boucaud, J. (1996). Nitrogen and carbon flows estimated by  $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$  pulse-chase labeling regrowth of alfalfa. *Plant Physiol.* **112**, 281–290.
- Celette, F., Findeling, A., & Gary C. (2009). Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: the case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. *Eur. J. Agron.* **30**, 41–51.
- Delabays, N., Spring, J.-L., Ançay, A., Misiman, E., Schmid, A. (2000). Sélection d'espèces pour l'enherbement des cultures spéciales. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **32**, 95–104.
- Delabays, N., Pétremand, G., Fleury, D. (2016). Comparaison de six mélanges pour l'enherbement viticole dans l'arc lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **48** (5), 322–329.
- Delabays N. 2019. Enherbement et biodiversité en viticulture. Projet BIODIVITI (Rapport final). Hepia, Genève, 25 p.
- Delabays, N., Motta, M., Emery, S., Bessat, M., Pétremand, G. (2021). Proposition d'un protocole pour l'évaluation floristique en vignes et vergers. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **53** (3), 136–142.
- Fantasia, S., Delabays, N., Heger, T., Zufferey, V., Noll, D., Lamy, F., Mota, M. (2020). Alternatives aux herbicides en viticulture et arboriculture: choix et entretien d'espèces pour la couverture du rang de culture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **52** (5), 21–28.
- Fulton, A., Buchner, R., Olson, B., Schwankl, L., Gilles, C., Bertagna, N., Walton, J., Shackel, K. (2001). Rapid equilibration of leaf and stem water potential under field conditions in almonds, walnuts and prunes. *HortTechnology* **11**, 609–615.
- Gaudillère, J.-P., van Leeuwen, C., Ollat, N., Goutouly J.-P., Champagnol F. (1999).  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  discrimination measured in tartrate and sugars in mature grapevine berries. *Acta Hort.* **493**, 63–68.
- Londo, G. (1976). The decimal scale for releves of permanent quadrats. *Vegetation* **33** (1), 61–64.
- Lorenzini, F. (1996). Teneur en azote et fermentescibilité des moûts de Chasselas. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **28** (3), 169–174.
- Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., & Hammel, H.T. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science* **148**, 339–346.
- Spring, J.-L., Zufferey, V. (2000). Intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien du feuillage en viticulture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **32** (6), 323–326.
- Spring, J.-L. (2001). Influence du type d'enherbement sur le comportement de la vigne et la qualité des vins. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **33** (5), 253–260.
- Spring, J.-L., Jelmini, G. (2002). Nutrition azotée de la vigne: intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien pour les cépages Chasselas, Pinot noir et Gamay. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **34** (1), 27–29.
- Spring, J.-L., Zufferey, V., Dienes-Nagy, A., Lorenzini, F., Frey, U., Thibon, C., Darriet, P., Viret, O. (2014). Effet de l'alimentation azotée sur le comportement et la typicité des vins d'Arvine. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **46** (4), 244–253.
- Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., & Gaudillère J.-P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin* **43**, 121–134.
- Verdenal, T., Dienes-Nagy, A., Spangenberg, J., Zufferey, V., Spring, J.-L., Viret, O., Marin-Carbonne, J., van Leeuwen, C. (2021). Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review. *Oeno One*, **55** (1), 1–44.
- Zufferey, V., Gindro, K., Verdenal, T., Murisier, F., Viret, O. (2022). Anatomie et physiologie de la vigne: alimentation et carences, accidents physiologiques et climatiques, 564 pages. Edition AMTRA, Jordils 5, 1006 Lausanne.