

Développement de stratégies durables pour lutter contre les mauvaises herbes en arboriculture fruitière

Un projet Interreg de trois ans a permis d'étudier l'influence des méthodes de lutte mécaniques, chimiques ou combinées contre les mauvaises herbes sur le sol, la production fruitière, ainsi que leur impact économique, sur les trois sites de Schlachters (HSWT, D), Bavendorf (KOB, D) et Wädenswil (Agroscope, CH).

Deuxième épisode
de notre série
de quatre articles

Azote dans le sol, biomasse microbienne, croissance, résidus

Après un premier article (*Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 01-2021) qui traitait de l'influence des méthodes sur la condition du sol, la croissance des mauvaises herbes et la vie du sol, le présent article traite des effets sur la dynamique de l'azote et la biomasse microbienne du sol ainsi que sur la croissance des arbres. Sur le site de Schlachters, des analyses de résidus ont également été effectuées sur les fruits.

Teneurs du sol en azote

Parmi les avantages du travail du sol, tels que le passage de l'émotteuse (fig. 1), on cite souvent un effet stimulant au printemps sur la mobilisation de l'azote dans le sol. Les outils qui travaillent le sol en surface, comme l'éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs, sont réputés ne pas stimuler la minéralisation de l'azote. Cette technique permet d'obtenir une coloration optimale et une fin de croissance à l'approche de la récolte. Afin d'étudier l'influence des différents procédés sur la minéralisation de l'azote dans le sol, des échantillons de sol ont été prélevés à une profondeur de 0 à 30 cm de 2017 à 2019 à Schlachters et au KOB pendant toute la période de végétation. Les échantil-

lons ont ensuite été analysés pour déterminer la teneur en azote minéral (N_{\min}).

L'influence des différentes stratégies de lutte sur l'évolution des teneurs en N_{\min} était relativement faible. Les différences en teneurs en N_{\min} observées entre les variantes peuvent pour la plupart s'expliquer indirectement par la régulation de la croissance des mauvaises herbes. Il a été constaté qu'avec les variantes qui présentent un degré élevé de couverture du sol et une repousse rapide des mauvaises herbes (fig. 2), le prélèvement de l'azote était plus important que dans les variantes avec une faible couverture du sol. Ceci a par exemple été observé en 2019 sur le site de Schlachters dans une jeune parcelle de Jonagold, année marquée par de fortes précipitations. La variante «émotteuse au printemps puis éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs en été» et celle à base d'acide pélargonique présentaient une forte croissance des mauvaises herbes en été. Dans ces variantes ont été mesurées des teneurs en N_{\min} dans le sol nettement plus faibles que dans les autres stratégies: «émotteuse toute l'année», «herbicide avec glyphosate» et variantes combinées (chimique + mécanique).



Figure 1 | Utilisation de l'émotteuse.



Figure 2 | Après l'utilisation de l'éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs ou après application d'acide pélargonique, les mauvaises herbes repoussent rapidement. Cela entraîne une concurrence pour l'azote plus élevée que dans les variantes où la couverture du sol est plus faible.

Cet essai montre que l'influence des mesures sur l'évolution des teneurs en N_{\min} est le fruit d'une interaction entre le résultat de la lutte contre les mauvaises herbes, les conditions météorologiques annuelles, la fertilisation ainsi que la libération supplémentaire provenant des réserves d'azote organique lié dans le sol (fig. 3). Dans l'ensemble, l'année 2019 a été très humide, avec des précipitations annuelles de 1770 mm sur le site de Schlachters. Cependant, elle a été marquée par des périodes de sécheresse plus longues ainsi que par plusieurs épisodes de pluies abondantes.

Au début de l'année, on constate une augmentation des teneurs en N_{\min} du sol due à la minéralisation au printemps avec la hausse des températures. Les fortes précipitations de la seconde moitié du mois d'avril, au moment où la croissance des arbres a débuté, ont entraîné une baisse des valeurs à moins de 20 kg N/ha. Après la fertilisation des arbres fruitiers au début du mois de juin, une augmentation des valeurs de N_{\min} supérieure à la quantité apportée via les engrais a été observée. Une humidité du sol suffisante, associée à une nette hausse des températures, a probablement conduit à une forte minéralisation de la matière organique du sol pendant cette phase. En même temps, cette phase n'a connu aucune précipitation majeure qui aurait pu entraîner l'azote mobile vers les couches plus profondes du sol. Les semaines suivantes, en raison de plusieurs épisodes de très fortes précipitations et du prélèvement d'azote par les arbres fruitiers, les valeurs ont de nouveau baissé de manière significative jusqu'à la récolte. Le passage de l'éclaircisseuse à fils

de nylon rotatifs pendant l'été a conduit à conserver une couverture permanente des rangées d'arbres et à une croissance continue des mauvaises herbes. Il en va de même pour la stratégie herbicide utilisant de l'acide pélargonique. L'effet de cette stratégie n'était plus suffisant pendant l'été, de sorte que les rangées d'arbres ont été entièrement envahies par les mauvaises herbes, qui atteignaient une hauteur d'environ 30 cm. Les degrés de couverture plus élevés et la repousse plus rapide des mauvaises herbes après le passage de l'éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs ou l'emploi d'acide pélargonique expliquent les teneurs plus faibles en N_{\min} du sol dans ces variantes au cours de l'été par rapport aux deux stratégies «émotteuse toute l'année» ou «herbicide avec glyphosate».

La comparaison avec le «procédé purement mécanique» au centre KOB à Bavendorf (Bio) a donné des résultats similaires. Au cours de toutes les années d'essai, il a été constaté une teneur en N_{\min} plus faible à la suite du travail du sol avec l'éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs. Dans la variante «éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs à partir du printemps», une teneur en N_{\min} plus faible a été mesurée sur toute la période d'essai par rapport aux variantes avec l'émotteuse et/ou le disque émotteur. Les variantes «émotteuse + éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs à partir de l'été» et «émotteuse toute l'année», dans lesquelles le sol a été travaillé uniformément avec l'émotteuse jusqu'en été, affichaient une dynamique de l'azote comparable pendant cette période. Ce n'est qu'avec le passage de l'éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs pendant la période précédant la

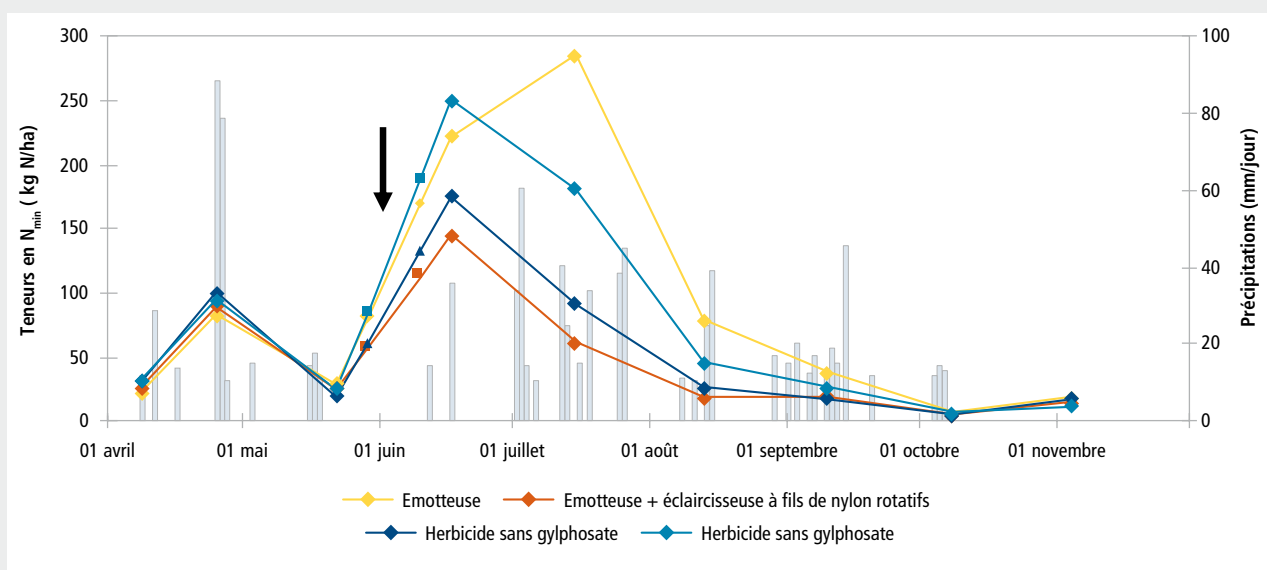


Figure 3 | Evolution des teneurs en N_{\min} de différentes stratégies de lutte dans la jeune plantation de la variété Jonagold en 2019 sur le site Schlachters à une profondeur de 0–30 cm (flèche noire = date d'épandage des engrais à raison de 70 kg N/ha). Barre: épisodes de précipitations avec un potentiel de lixiviation accru (> 10 mm de pluie en 24 heures).

récolte que l'on a pu observer des différences importantes dans la teneur en N_{\min} des deux variantes. Par conséquent, la variante «émotteuse + éclaircissee à fils de nylon rotatifs à partir de l'été» a pu atteindre l'objectif de ne pas favoriser davantage la minéralisation de l'azote avant la récolte. Les autres essais réalisés au KOB (PI) ont également donné des résultats similaires. Tandis qu'une grande partie des variantes ne différaient pas en termes de teneur en N_{\min} , à la fin du mois d'août, la variante sans glyphosate avec «application d'herbicide au printemps + éclaircissee à fils de nylon rotatifs en été» et la variante purement mécanique

«émotteuse au printemps + éclaircissee à fils de nylon rotatifs en été» présentaient des valeurs de N_{\min} nettement inférieures à celles des autres variantes (tab. 1).

Aucun effet sur la minéralisation, même immédiatement après le traitement des mauvaises herbes

Ces résultats suggèrent que les différences entre les procédés sont davantage dues à l'effet de concurrence entre les mauvaises herbes ou à l'apport de matière organique issue de la décomposition des mauvaises herbes, et moins au type de travail du sol. Afin

Tableau 1 | Variantes et variétés concernées sur les trois sites Schlachters (HSWT, D), Bavendorf (KOB, D) et Wädenswil (Agroscope, CH).

Sites	HSWT (Schlachters)	KOB		Agroscope	
Variété + année de plantation	Jonagold (2017); Fuji (2013)	Shalimar (2012)	Topaz (2009)	Gala (2010)	Gala + Bonita (2018)
Variantes	Témoin	Emotteuse	Témoin	Témoin	Témoin
	Emotteuse	Emotteuse + éclaircissee à fils de nylon rotatifs à partir du printemps	Emotteuse + éclaircissee à fils de nylon rotatifs	Eclaircissee à fils de nylon rotatifs	Emotteuse + éclaircissee à fils de nylon rotatifs
	Emotteuse + éclaircissee à fils de nylon rotatifs	Emotteuse + éclaircissee à fils de nylon rotatifs à partir du printemps + dépôt de mulch	Disque émotteur	Glyphosate + éclaircissee à fils de nylon rotatifs	Glyphosate
	Herbicide sans glyphosate	Emotteuse + éclaircissee à fils de nylon rotatifs à partir de l'été	Herbicides à action foliaires (3 x glyphosate/an)	Glyphosate + Glufosinate; à partir de 2019 uniquement glyphosate	Glyphosate + éclaircissee à fils de nylon rotatifs
	Herbicide avec glyphosate	Disque émotteur	Eclaircissee à fils de nylon rotatifs au printemps + Herbicide à action racinaire en été (1 x glyphosate/an)	Glyphosate + Alce + Glufosinate; à partir de 2019 glyphosate + acide pélargonique + éclaircissee à fils de nylon rotatifs	
	Herbicide + émotteuse	Disque émotteur avec étoile bineuse	Herbicide à action acinaire au printemps + éclaircissee à fils de nylon rotatifs en été (sans glyphosate)	Glyphosate + Surflan + Glufosinate; à partir de 2019 herbicide foliaire hormonal + graminicide au lieu de glufosinate	
	Herbicide + éclaircissee à fils de nylon rotatifs	Emotteuse + disque émotteur		Glyphosate + Diuron 80 + Glufosinate; à partir de 2019 herbicide foliaire hormonal + graminicide au lieu de glufosinate	
	Herbicide + disque émotteur avec étoile bineuse	Emotteuse + disque émotteur + éclaircissee à fils de nylon rotatifs		Glufosinat + Diuron 80 + Glufosinate; à partir de 2019 glyphosate + acide gras + éclaircissee à fils de nylon rotatifs	
		Grasskiller		Grasskiller	

de vérifier ce résultat de manière ciblée immédiatement après le traitement à intervalles rapprochés, un essai supplémentaire a été mis en place à Schlachters au début du mois de mai 2019, dans lequel un seul traitement avec émotteuse, éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs ou herbicide (glyphosate) a été appliqué, au même moment, dans des conditions homogènes (degré de couverture uniforme). Un témoin non traité a servi de comparaison supplémentaire. Des échantillons de sol ont été prélevés immédiatement avant, ainsi que trois et sept jours après le traitement. Une comparaison des teneurs en N_{\min} n'a montré aucune différence entre les variantes. La poussée de minéralisation attendue après le passage de l'émotteuse n'a pas pu être observée au cours de cet essai.

Biomasse microbienne (C_{mic})

La biomasse microbienne comprend la matière organique du sol et des micro-organismes vivants tels que les bactéries et les champignons. La diversité et la densité des micro-organismes présents dans le sol est importante. Ceux-ci sont essentiels à la fertilité du sol et au bon fonctionnement des écosystèmes. Dans le cadre du projet, l'influence sur la biomasse microbienne dans le sol a été étudiée lors des essais menés à Schlachters. Pour ce faire, des échantillons de sol ont été prélevés à intervalles réguliers à deux profondeurs différentes (0–10 cm et 10–30 cm) et la quantité de carbone microbien a été déterminée. Ces analyses ne permettent pas de se prononcer sur le pourcentage des différents organismes ou sur leur activité dans le sol, mais enregistrent exclusivement la somme des micro-organismes vivants dans le sol. Les analyses n'ont pas montré de différences entre les variantes, mais plutôt une évolution qui suit les différentes périodes de l'année. Cela signifie que les conditions météorologiques du moment (en particulier l'humidité et la température du sol) ont eu une influence évidente sur la biomasse microbienne du sol, alors que les méthodes de lutte contre les mauvaises herbes n'en ont pas eu.

Paramètres de croissance

La croissance végétative a été enregistrée chaque année, selon le site, en relevant la croissance du tronc, celle des pousses ou en évaluant la croissance totale de l'arbre durant la période de repos végétatif. En raison des fortes gelées qui ont marqué l'année 2017, la charge des arbres en fruits était élevée en 2018. Du fait d'un été chaud en 2018, la croissance a été fortement réduite sur tous les sites. En 2019, on a relevé une croissance plus forte grâce à un bon approvisionnement en eau.

A Schlachters, le passage de l'émotteuse a entraîné une croissance plus faible des arbres, qu'elle ait été utilisée seule ou en combinaison avec un autre outil. Cela est probablement dû aux dommages causés aux racines superficielles, surtout lorsque le volume des racines est encore faible dans les jeunes plantations. La croissance la plus forte a été enregistrée dans les variantes avec herbicides uniquement. Malgré la prolifération massive des mauvaises herbes pendant les mois d'été dans la variante «acide pélagonique», cette méthode affichait une croissance plus forte que les variantes mécaniques. La raison en est que l'application de flumioxazine (produit Vorox F, non autorisé en Suisse) dans cette variante au printemps a eu de bons résultats herbicides, ce qui a permis de réduire l'effet de concurrence durant la phase principale de croissance des arbres après la floraison.

Les méthodes mécaniques ont eu pour effet de ralentir la croissance des adventices; c'est également ce qui a été observé dans la parcelle PI du KOB avec la variété Topaz (fig. 4). En 2019, le pourcentage d'arbres affichant une croissance significativement plus faible (barres oranges) était plus élevé lorsque des traitements mécaniques contre les mauvaises herbes étaient pratiqués. Les deux variantes sans travail du sol, y compris la parcelle témoin, présentaient un pourcentage d'environ 60% d'arbres à forte croissance (barres bleues).

La comparaison, au KOB (Bio), des procédés mécaniques uniquement a montré que c'était la variante régulièrement traitée avec l'éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs qui affichait l'augmentation la plus forte de la circonférence du tronc. Cependant, les rendements de cette variante étaient en moyenne inférieurs de 2 à 3 kg par arbre par rapport à ceux de la variante de comparaison, traitée exclusivement avec l'émotteuse. Le relevé de la croissance des pousses n'a pas permis de constater de différence entre les variantes.

A Wädenswil, la croissance des arbres a été mesurée sur la base de l'augmentation de la circonférence du tronc au cours de la première année d'essai, en 2019. Contrairement aux résultats obtenus à Schlachters et au KOB, les arbres de la variété Bonita ont eu une croissance plus marquée en deuxième feuille dans la variante «Emotteuse + éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs» que les arbres du témoin non traité (tab. 2). Les jeunes arbres témoins de la variété Gala ont également affiché la croissance la plus faible; toutefois, seule la différence avec la variante herbicide au glyphosate étant significative. Pour les arbres en plein rendement (Gala, année de plantation 2010), aucune différence de croissance n'a été observée entre les variantes à Wädenswil au cours des trois années d'essai.

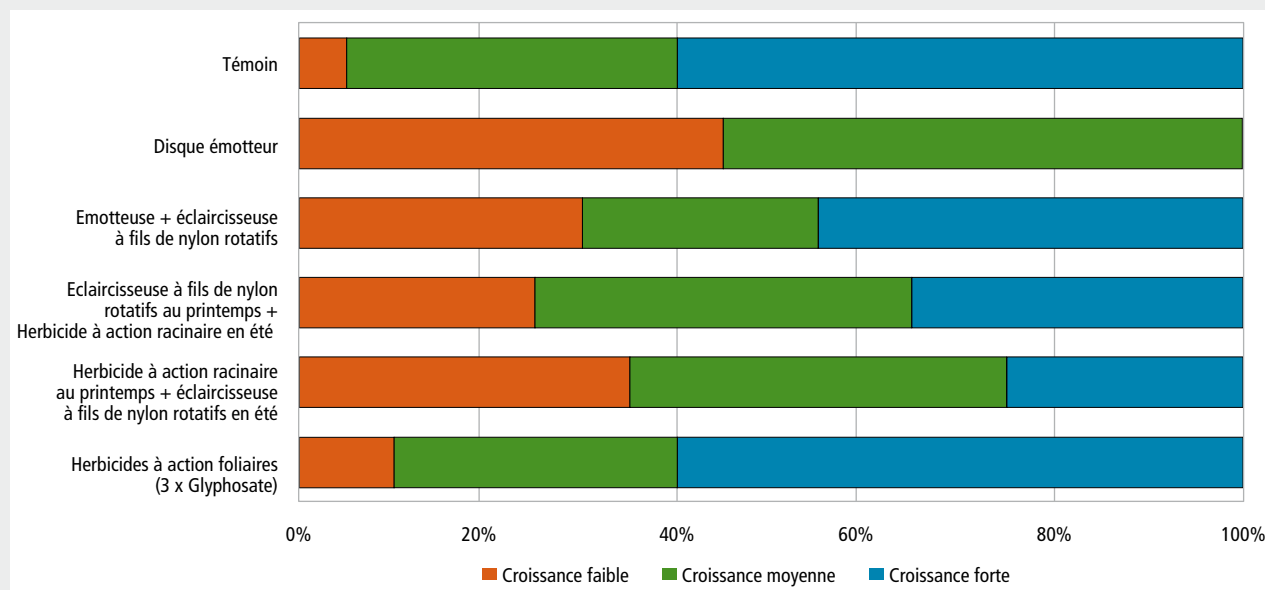


Figure 4 | Intensité de croissance des pousses de la variété Topaz dans les six variantes de lutte contre les mauvaises herbes sur la parcelle PI du KOB en 2019. Au moment de l'évaluation, chaque arbre a été classé dans une des trois catégories: faible (croissance nulle à faible), moyenne (croissance moyenne) et forte (croissance forte à extrêmement forte des pousses).

Tableau 2 | Croissance de la circonférence des arbres Gala et Bonita au cours de la première année d'essai en 2019 à Wädenswil (année de plantation 2018). Moyenne (mm) ± écart-type, les différentes lettres au sein d'une même variété indiquent des différences statistiquement significatives ($p < 0,05$, HSD de Tukey).

	Bonita	Gala
Témoin	21,4 ± 1,0b	20,3 ± 1,1b
Glyphosate	22,6 ± 0,8ab	23,8 ± 0,8a
Glyphosate + éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs	24,8 ± 0,7ab	22,9 ± 0,7ab
Emotteuse + éclaircisseuse à fils de nylon rotatifs	27,0 ± 0,8a	21,9 ± 0,8ab

Analyses de résidus

Parmi les variantes d'herbicides employées à Schlachters, des analyses de résidus de glyphosate ont été effectuées en 2019. Aucun résidu de ce principe actif n'a été trouvé dans les échantillons de fruits prélevés.

Conclusions

Les essais montrent que l'effet des différentes stratégies sur la croissance des arbres peut varier selon le site. Il n'est pas possible d'établir une corrélation entre l'influence sur la teneur en eau du sol décrite dans le premier article (*Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 01-2021) (valeurs plus faibles dans les variantes avec un degré de couverture du sol plus élevé) et la croissance des arbres. Comment utiliser de manière ciblée l'effet des différents procédés sur la crois-

sance, qu'ils la freinent ou qu'ils la stimulent? Cela dépend en fin de compte de plusieurs facteurs, tels que l'état des arbres (âge, vigueur, charge en fruits, etc.), ainsi que des conditions de croissance et des conditions des différents sites.

Un troisième article (*Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 03-2021) traitera du rendement, de la qualité des fruits, des propriétés de conservation et de la teneur en minéraux des fruits. Le quatrième article sera consacré à une évaluation économique des méthodes et à la présentation d'un guide pratique (*Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 04-2021). ■

Les auteurs

Johannes WERTH¹ et Thomas KUSTER²

¹ Université Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Freising, Allemagne
e-mail: johannes.werth@hswt.de

² Agroscope, Wädenswil, Suisse, e-mail: thomas.kuster@agroscope.admin.ch

En collaboration avec

Dominikus KITTEMANN, Michael BECK, Dieter LOHR et Elke MEINKEN, Haute Ecole Weihenstephan-Triesdorf HSWT, Allemagne

Esther BRAVIN, Agroscope, Suisse

Sascha BUCHLEITHER, Michael ZOTH, Christian SCHEER, Centre de compétences arboricoles du lac de Constance, Bavendof KOB, Allemagne