

# Lutte contre les adventices du sarrasin: comparaison de cinq herbicides

Hansueli Zellweger<sup>1</sup>, Georg Feichtinger<sup>2</sup>, Eduardo Pérez<sup>1</sup>, Achim Walter<sup>1</sup> et Andreas Hund<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ETH Zurich, Sciences des systèmes de l'environnement, 8046 Zurich, Suisse

<sup>2</sup>Strickhof, Service phytosanitaire, 8315 Lindau, Suisse

Renseignements: Hansueli Zellweger, e-mail: hansueli.zellweger@usys.ethz.ch



**Figure 1** | A) cas extrême du sarrasin sans herbicide; B) champ d'essai 2015 avec bandes tampons non traitées et parcelles traitées; C) sarrasin en fleurs avec traitement herbicide.

## Introduction

Le sarrasin (*Fagopyrum esculentum*) est une pseudo-céréale de la famille des polygonacées. Sa farine sans gluten en fait un aliment intéressant, surtout pour les personnes souffrant d'intolérance ou de sensibilité au gluten. A l'échelle mondiale, le sarrasin est cultivé sur 2 millions d'hectares (FAOSTAT 2017). Les grands pays producteurs sont la Russie (712 047 ha), la Chine (708 000 ha) et l'Ukraine (136 700 ha). En Europe, 143 887 ha de sarrasin sont cultivés, principalement en Pologne (62 710 ha), en France (30 100 ha) et en Lituanie (37 400 ha). En Suisse, le sarrasin a une certaine importance en tant que culture

intermédiaire pour la couverture du sol. Dans les Grisons, il est utilisé dans la cuisine traditionnelle pour les *pizzoccheri* (pâtes au sarrasin), un plat que la gastronomie moderne a redécouvert. Stamp *et al.* (2012) recommandent le sarrasin (pour la production de graines) sous les latitudes tempérées fraîches comme culture intermédiaire intéressante après de l'orge, ou même comme culture principale. Les auteurs rappellent l'érosion génétique sans précédent en agriculture, où quelques cultures principales dominent. Pour contrer cette tendance, Stamp *et al.* (2012) demandent un renforcement du financement

public pour la sélection d'espèces de niche. Mais la sélection seule ne suffit pas. Il ne manque pas seulement de variétés adaptées sur le plan agronomique, mais aussi d'herbicides appropriés pouvant être intégrés dans les rotations existantes. C'est à ce niveau que la présente étude intervient, avec pour objectif d'encourager d'encourager une agriculture productive ainsi que la biodiversité agricole.

Cultiver le sarrasin n'est pas très exigeant. Seule la pression des mauvaises herbes peut avoir des conséquences désastreuses au champ (fig. 1 A). Les années sèches, les adventices peuvent envahir et étouffer le sarrasin en le privant d'eau et de lumière, avec pour résultat des pertes de rendement. De plus, en cas de forte pression d'adventices, le battage direct est difficile, voire impossible, en raison d'une part plus élevée de parties vertes. C'est pourquoi les procédés biologiques recourent majoritairement au battage après andainage, dans lequel le sarrasin est d'abord fauché pour sécher à plat, puis récolté à l'aide d'une batteuse. Les adventices accroissent en outre le travail de nettoyage et les coûts de séchage de la récolte. Enfin, la pression des adventices augmente, par multiplication naturelle, dans la culture suivante. Un traitement herbicide adapté devrait diminuer le développement des adventices et ainsi faciliter le battage direct; l'andainage et le sarclage ne seraient plus nécessaires. Pour les agriculteurs, il deviendrait plus intéressant de cultiver du sarrasin, lequel pourrait mieux s'établir en Suisse en tant qu'aliment sans gluten, de production locale.

Depuis 2012, l'ETH Zurich a effectué des essais variétaux à la station de recherche pour les sciences végétales de Lindau-Eschikon afin de trouver de nouvelles variétés de sarrasin. Pour intégrer la culture dans la rotation dans le dispositif de phénotypage au champ (Kirchgessner *et al.* 2016), il manquait toutefois un herbicide adapté autorisé (<http://www.psm.admin.ch/psm/produkte/index.html?lang=fr>). C'est pour cette raison que le groupe des sciences des grandes cultures de l'ETH Zurich a testé des herbicides dans un essai au champ de trois ans. Il existe peu d'informations relatives aux herbicides appropriés pour le sarrasin. Seuls des essais en Slovénie (Bohanec *et al.* 1986; Kněević *et al.* 1989) et en Pologne (Podolska 2013) ont pu fournir des informations sur les substances actives appropriées; elles ont cependant seulement un caractère indicatif, le climat, les sols et les formules des herbicides étant différents. L'objectif de l'essai sur trois ans était d'identifier des herbicides ayant une phytotoxicité minimale et un effet maximal sur les dicotylédones et graminées prédominantes sur le site d'Eschikon, et aussi de déterminer s'ils pouvaient permettre d'augmenter le rendement.

**Résumé** ■ En Suisse, le sarrasin est une culture de niche. Il suscite un intérêt croissant en raison de sa farine sans gluten et de la valeur biologique élevée de ses protéines. Afin de créer les conditions cadres d'une culture conventionnelle, la capacité à contrôler les adventices du sarrasin de deux herbicides de pré-levée et de trois herbicides de post-levée a été étudiée. Les deux herbicides de pré-levée Dual Gold et Nimbus CS ont généralement très bien contrôlé les dicotylédones et les graminées jusqu'à la maturité. Ils ont aussi eu des effets négatifs sur la densité de culture du sarrasin, sans toutefois affecter le rendement par rapport au contrôle. Les herbicides de post-levée Betasana et Betam Combi RAL, qui contiennent la même substance active éthofumésate, ont nettement réduit le rendement. Cet effet a été imputé à leur action phytotoxique et retardatrice de floraison et de croissance. L'herbicide de post-levée Beetup, avec contrôle modéré des adventices, est le seul procédé induisant une augmentation consistante du rendement, soit 2,8 dt/ha en moyenne des années. Les deux herbicides de pré-levée Dual Gold et Nimbus CS sont potentiellement intéressants pour une éventuelle procédure d'autorisation en Suisse. Une autorisation rendrait la récolte par battage direct plus facile.

## Matériel et méthodes

La station de recherche de l'ETH de Lindau-Eschikon se situe à une altitude de 550 m. Le sol contenait 3,5 % d'humus, 26 % d'argile et 41 % de limon et avait un pH de 6,2–7,0. Pour la fertilisation, 150 kg de nitrate d'ammonium ont été apportés au moment du semis, ce qui correspond à un apport de 41,25 kg N/ha. En plus, un apport annuel d'entretien de 200 kg/ha de superphosphate et 200 kg/ha de Phoskal a été effectué.

Les caractéristiques des années 2013 et 2015 étaient similaires, avec un été chaud (30–35 °C) et sec, pratiquement sans pluie en juillet 2013. Le mois de juillet est déterminant pour la formation du rendement du sarrasin, qui se trouve alors en phase de croissance longitudinale et en pleine floraison. L'année 2014, par contre, était plus fraîche (majoritairement <30 °C) avec des précipitations régulières.

Symbole	Procédé	Traitement
○	Contrôle	Mi-juin: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, fluazifop-P-butyle, foliaire)
+	Dual Gold	Pré-levée: 2 l/ha Dual Gold (Syngenta Agro AG, S-métolachlore, racinaire) Mi-juin: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, fluazifop-P-butyle, foliaire)
▽	Nimbus CS	Pré-levée: 3 l/ha Nimbus CS (BASF Schweiz AG, métazachlore, clomazone, racinaire) Mi-juin: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, fluazifop-P-butyle, foliaire)
□	Beetup	Post-levée: au stade 4–6 feuilles: 1,5 l/ha Beetup (Stähler Suisse SA, phenmédiaphame, foliaire) Mi-juin: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, fluazifop-P-butyle, foliaire)
◇	Betasana	Post-levée: au stade 4–6 feuilles: 0,5 l/ha Betasana (Omya Suisse SA, éthofumésate, racinaire/foliaire) Mi-juin: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, fluazifop-P-butyle, foliaire)
●	Betam Combi RAL	Post-levée: au stade 4–6 feuilles: 2 l/ha Betam Combi RAL (Leu + Gygax AG, éthofumésate + phenmédiaphame, racinaire/foliaire) Mi-juin: 3 l/ha Fusilade Max (Syngenta Agro AG, fluazifop-P-butyle, foliaire)

Figure 2 | Description des procédés avec symboles correspondants et informations sur les traitements.

Les procédés (fig. 1–2) ont été testés selon un plan en blocs aléatoires complets. En 2013, trois variantes d'herbicides avec trois répétitions, qui paraissaient appropriées pour la lutte contre les adventices dans le sarrasin en raison de leur mode d'action, ont été sélectionnées. Le S-métolachlore, substance active contenue dans le Dual Gold, a été identifié comme approprié par Bohanec *et al.* (1986). L'herbicide Beetup, contenant la substance active phenmédiaphame, a également en partie fait ses preuves pour le sarrasin (Bohanec *et al.* 1986). Le Betasana, contenant la substance active éthofumesate, est un herbicide utilisé pour la betterave sucrière, comme le Beetup. La betterave sucrière et le sarrasin appartiennent au même ordre des Caryophyllales, on peut donc s'attendre à une sensibilité similaire vis-à-vis des herbicides. Les deux années suivantes, l'essai a été complété avec quatre répétitions et des procédés supplémentaires avec Nimbus CS et Betam Combi RAL. Le Nimbus CS a été choisi en raison de l'aptitude des substances actives métazachlore et clomazone (Podolska *et al.* 2013). Avec l'herbicide Betam Combi RAL, les substances actives du Betasana et du Beetup ont été combinées dans un procédé supplémentaire.

Entre les parcelles ayant subi un procédé, une largeur de parcelle est restée non traitée, afin d'éviter qu'une éventuelle dérive influe sur la parcelle voisine. En raison de la forte présence de millet, la totalité de l'essai, y compris le contrôle, a été traité mi-juin avec le graminicide Fusilade Max.

### Conduite du peuplement

Pendant les trois années, la variété de sarrasin Lileja a été cultivée après une culture de maïs-grain. Les chaumes de maïs ont été enfouis par labour à une profondeur de 20 cm en hiver. En mars et en avril, un passage superficiel

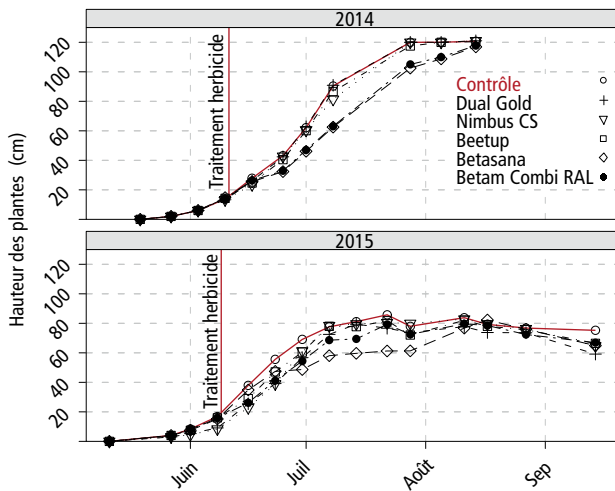
à la herse rotative a été effectué en vue d'un faux semis. Le 10 mai, premier jour non exposé aux gelées, le lit de semis a été préparé à la herse rotative et la variété Lileja a été semée en ligne, avec un écartement de 17,5 cm et une densité de 180 grains par m<sup>2</sup>, et passée au rouleau. Chaque parcelle faisait 6 m de long sur 1,5 m de large. Les procédés ont été appliqués avec un pulvérisateur mobile de 1,5 m (Agrartest, Agrartest GmbH, Bad Säckingen, Allemagne), 400 l/ha de liquide, buse ISO-025 et pression de 4,1 bar à 3,5 km/h. Les traitements de pré-levée ont été effectués le jour du semis et les traitements de post-levée au stade 4–6 feuilles.

### Notations

Les mesures et notations ont été réalisées chaque fois dans deux zones de mesures en début et fin de parcelle (éloignées de 50 cm du bord de la parcelle). La hauteur moyenne du sarrasin a été calculée par une mesure dans chaque zone de mesure. Les symptômes de phytotoxicité ont été évalués sur le sarrasin à deux dates différentes (fin juin, mi-août). Une échelle de valeurs de 1 (pas de différence) à 5 (plante complètement morte) (fig. 4) a été utilisée. La part de sarrasin, de dicotylédones et de graminées a été saisie dans les zones de mesure au moment de la notation de phytotoxicité à l'aide d'une grille de comptage (0,5 m × 0,5 m).

En septembre, lorsque la plupart des feuilles étaient mortes et les graines mûres, le sarrasin a été récolté avec une moissonneuse-batteuse pour parcelles d'essai, par battage direct (Nurserymaster Elite, Wintersteiger AG, Ried im Innkreis, Autriche). La récolte a été séchée à l'aide d'un séchoir à céréales (Minisec 800, Wirtech AG, Uetendorf, Suisse) à 35 °C à env. 14 % d'humidité et ensuite nettoyée (machine de nettoyage, Pelz, Bonn,





**Figure 3** | Evolution de la hauteur du sarrasin en 2014 et 2015. Chaque symbole correspond à la valeur moyenne de quatre répétitions.

Allemagne). L'humidité a été déterminée au moyen d'un humidimètre (Wile 55, Agroelec AG, Embrach, Suisse). Le rendement net est indiqué pour 14 % d'humidité.

### Analyse statistique

L'analyse de variance a été effectuée à l'aide du paquet R lme4 (Bates *et al.* 2015), en prenant d'abord en compte les facteurs «procédé herbicide», «année» et leur interaction. Puisqu'une interaction significative entre le procédé et l'année était présente pour la plupart des caractéristiques, les résultats ont été présentés séparément pour toutes les années. Les répétitions au sein d'une année ont servi de facteur aléatoire dans le modèle. A la suite

de l'analyse de variance, des comparaisons multiples de variante de contrôle ont été effectuées (Lenth 2016) dans le paquet R lsmeans.

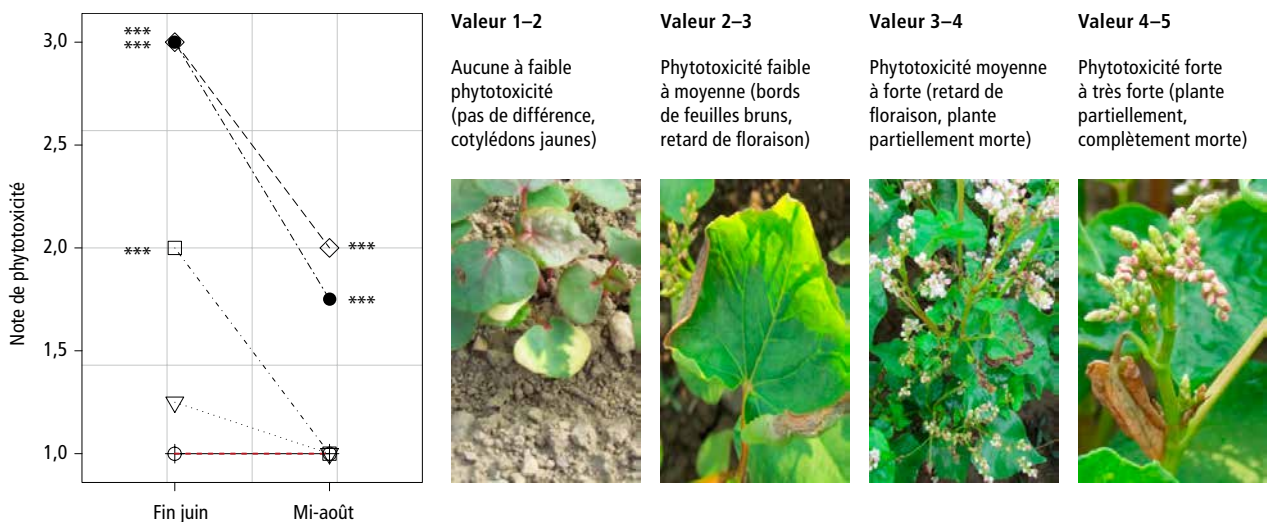
## Résultats

### Développement des peuplements

Afin de saisir l'influence des herbicides sur le développement des peuplements, la hauteur du sarrasin a été mesurée à intervalles réguliers (fig. 3). Les herbicides de pré-lévee Nimbus CS et Dual Gold ont provoqué une réduction initiale de la croissance en hauteur en 2015 dans environ la moitié des contrôles. Vers la fin juin, cet effet était en grande partie neutralisé. Les procédés de post-lévee Betasana et en partie Betam Combi RAL ont causé une forte réduction de la croissance en hauteur au début et pendant la floraison. Cela a été observé surtout au mois de juillet. Aucun des procédés n'a eu une influence négative sur la hauteur finale.

### Phytotoxicité

Pour les procédés Betasana et Betam Combi RAL, une phytotoxicité légère à moyenne a été constatée. Elle s'est manifestée par des bords de feuilles bruns et un retard de floraison. Cette détérioration des plantes a persisté jusqu'à la récolte. Avec le Beetup, une légère phytotoxicité a été observée lors de la première notation en juin, qui s'est corrigée avant la fin de la période de culture. Avec Nimbus CS, des cotylédons décolorés ont été observés au début (fig. 4 photo de gauche). Avec Dual Gold et Nimbus CS, le sarrasin est resté pratiquement indemne.



**Figure 4** | Valeurs moyennes des notes de phytotoxicité pour les années 2014 et 2015. Les méthodes signalées par \*\*\* se différencient des contrôles (ligne continue rouge) à un niveau significatif de 0,1 %. Les symboles des procédés sont les mêmes que dans les figures 2 et 4.

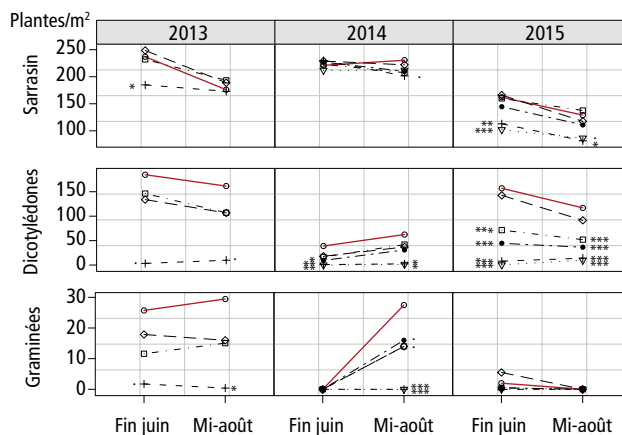
### Proportion de sarrasin, dicotylédones et graminées

Sur le site d'Eschikon, les graminées adventices dominantes étaient diverses variétés de millet et du chiendent. Pour les dicotylédones, il s'agissait de la renouée persicaire et du galingosa.

Entre les notations de juin et d'août, le peuplement de sarrasin tendait à diminuer un peu pour les trois années pour tous les procédés. Rapportée au contrôle, la levée de dicotylédones était plus faible en 2014 que les autres années. Grâce au temps chaud et humide en juillet, le sarrasin a vraisemblablement pu dominer en grande partie les dicotylédones. Les deux herbicides de pré-levée ont montré un effet bloquant durable sur le peuplement de dicotylédones et de graminées jusqu'à la récolte (fig. 5 et 6). Toutefois, ils ont aussi eu un effet négatif sur la densité de peuplement du sarrasin, particulièrement en 2015; cette année s'est caractérisée par une densité de peuplement fin juin généralement plus faible (108 plantes au m<sup>2</sup>), qui a été réduite encore à 85 plantes au m<sup>2</sup> par Nimbus CS et Dual Gold. Beetup et Betam Combi RAL affichaient certes un contrôle modéré des dicotylédones, mais par contre ils n'ont pas ou peu affecté la densité de peuplement du sarrasin. Aucun effet significatif sur le nombre de plantes n'a pu être montré en général pour Betasana.

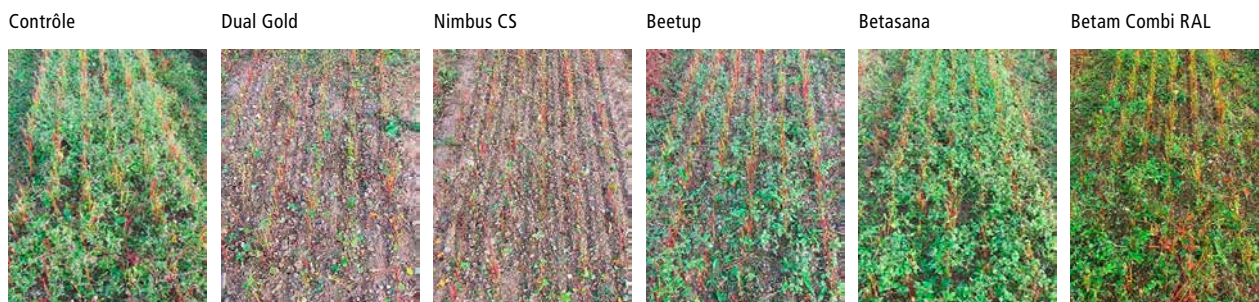
### Rendement du sarrasin

La valeur moyenne du rendement des contrôles était de 4,7 dt/ha en 2013, alors qu'elle était de 24,4 dt/ha en 2014 et de 20,7 dt/ha en 2015. Les rendements inférieurs en 2013 s'expliquent probablement par la faible pluviométrie, qui a entraîné un mûrissement prématuré du sarrasin. En 2013, les rendements proportionnellement les plus élevés ont été enregistrés avec l'utilisation d'herbicides. Par opposition au rendement de 4,7 dt/ha dans le contrôle, des rendements en partie supérieurs à 10 dt/ha ont été observés dans les procédés herbicides. Pour

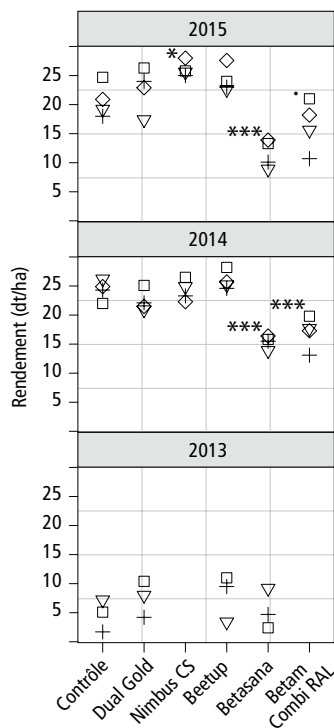


**Figure 5 |** Nombre de plantes de sarrasin, dicotylédones et graminées, compté sur une surface de 0,25 m<sup>2</sup>. Le nombre a ensuite été extrapolé pour 1 m<sup>2</sup>. Les procédés marqués \*, \*\*, \*\* et \*\*\* se différencient à un niveau de signification > 10, 10–5, 5–0,1 et < 0,1%. Les symboles des procédés sont les mêmes que dans la figure 2.

les herbicides testés pendant les trois années, il y a eu une interaction significative entre les effets des procédés et les effets des années (données non présentées). Cette interaction est due surtout au faible rendement de 2013. Pendant les années habituelles de 2014 et 2015, le rendement a été réduit de 9 dt/ha après le traitement au Betasana et de 4 à 6 dt/ha après le traitement au Betam Combi RAL. Le Beetup est le seul herbicide à montrer une hausse constante de rendement par rapport au contrôle, soit 2,8 dt/ha en moyenne ( $p=0,035$ ) pendant les trois années. Les procédés avec Dual Gold et Nimbus CS ont permis de maintenir le niveau de rendement par rapport au contrôle. Une augmentation significative du rendement de 5,4 dt/ha, a été observée seulement pour Nimbus CS en 2015, et ce malgré une réduction significative de la densité de peuplement. Cela montre la forte capacité de compensation de croissance du sarrasin.



**Figure 6 |** Différents procédés, photographiés directement après le battage en 2015. Les parcelles des procédés de pré-levée Dual Gold et Nimbus CS étaient toujours pratiquement exemptes d'adventices, tandis que les autres procédés présentaient une part importante d'adventices.



**Figure 7** | A gauche, rendement du sarrasin pour les trois années d'essai. Les procédés marqués \*, \*\*, \*\* et \*\*\* se différencient à un niveau de signification > 10, 10–5, 5–0,1 et < 0,1 %. Les symboles regroupent les répétitions. A droite, battage direct avec la moissonneuse-batteuse pour parcelles.

## Discussion

### Procédés nationaux et internationaux

Il existe peu d'études sur l'efficacité des herbicides pour contrôler les adventices dans la culture de niche du sarrasin. L'impact des substances actives testées sur les dicotylédones est comparé ci-après. Puisque le graminicide Fusilade Max a été utilisé dans tous les procédés, la comparaison pour les graminées est superflue. Dual Gold a toujours très bien contrôlé les graminées (–100 %) et les dicotylédones (–95 %) dans la présente étude. Toutefois, la substance active a aussi eu un effet négatif sur la densité de peuplement du sarrasin (–17,5 % en moyenne des trois ans). Deux études comparables en Slovénie ont analysé l'influence de la substance active S-métolachlore contenue dans le Dual Gold sur la variété de sarrasin Siva (Bohanec *et al.* 1986; Kněević *et al.* 1989). Par rapport au contrôle, la part de dicotylédones a été réduite de 26 % à 52 plantes/m<sup>2</sup> (Bohanec *et al.* 1986), respectivement de 56 % à 17,1 plantes/m<sup>2</sup> (Kněević *et al.* 1989). La réduction plus importante des dicotylédones en comparaison des études citées s'explique, outre les influences du climat et du milieu, très probablement aussi par les dosages de substance active supérieurs de 15 % en Suisse. Contraire-

ment à notre étude, Kněević *et al.* (1989) ont cependant montré une augmentation de la densité de peuplement de 20 % et de 31 % du rendement.

Le Beetup est le seul herbicide ayant permis d'augmenter le rendement par rapport au contrôle. Toutefois, le Beetup n'a réduit la part d'adventices que d'environ 41 % (34 %, 33 %, 56 % pour les différentes années). A notre connaissance, il n'existe pas encore d'étude publiée sur l'aptitude du Beetup ou de la substance active phenmé-diphame à contrôler les adventices dans le sarrasin.

Dans les procédés Betasana et Betam Combi RAL, la substance active éthofumésate a eu un net effet phytotoxique sur le sarrasin et a provoqué un retard de floraison. En raison des pertes manifestes de rendement, ces deux procédés ne sont pas à recommander.

### Herbicides potentiels non considérés

De nouveaux essais avec l'herbicide Banvel M pourraient être dérivés de l'étude de Kněević *et al.* (1992) et pourraient montrer un effet très prometteur en combinaison avec le Dual Gold.

Wall *et al.* (1999) ont mené une étude avec des herbicides dont la plupart ne sont pas disponibles en Suisse, ou seulement sous forme de mélanges. La substance active



desméthopame, très prometteuse, utilisée dans notre pays sous forme d'herbicide combiné pour la betterave sucrière, mériterait d'être considérée.

Pour les substances de croissance 2,4-D et MCPA, le défi réside selon Wall *et al.* (2000) dans le choix de la bonne dose et du moment d'application. Le rendement n'a pas toujours pu être maintenu, la phytotoxicité restant une question importante. Pour ces raisons, cet herbicide n'a pas encore été testé sur le site d'Eschikon. En raison des faibles coûts de traitement, ces préparations pourraient cependant être intéressantes.

### Enseignements

Avec l'utilisation de Dual Gold et de Nimbus CS, un traitement supplémentaire avec un graminicide serait sans doute superflu, puisqu'après ce traitement, pratiquement aucune graminée n'avait levé (données non présentées). De futurs essais devraient donc comprendre un régime sans traitement au Fusilade Max. De plus, une possible hausse de rendement pourrait être testée avec ces deux procédés de pré-levée en réduisant la dose d'utilisation, comme dans les études effectuées à l'étranger (Knězevič *et al.* 1989; Podolska *et al.* 2013). Il s'agit de découvrir sur quel type de sol quel dosage inhibe le moins le sarrasin tout en éliminant un maximum d'adventices. Les années 2013 et 2015 ont montré que de fortes précipitations, juste après le traitement de pré-levée, peuvent répandre l'herbicide jusqu'à la plantule de sarrasin et ainsi provoquer une inhibition initiale de la croissance de la plante, qui est annulée ensuite par une croissance de compensation.

Si le mois de juillet est sec, les adventices peuvent foisonner dans les parcelles non traitées et priver le sarrasin de ses réserves d'eau, entraînant une maturation prématurée du sarrasin, comme l'a montré l'année 2013. L'année 2014, avec une météo propice à la croissance (précipitations modérées continues, chaud), était en revanche optimale pour le sarrasin. Dans de telles conditions, le sarrasin couvre rapidement le sol, les adventices étant alors fortement dominées par privation de lumière.

Dans l'ensemble, ces résultats laissent espérer que la constance du rendement puisse être augmentée par un traitement herbicide (hausse massive des rendements, surtout l'année 2013 défavorable).

## Conclusions

Cette étude a montré qu'il est possible de réduire fortement les adventices avec des herbicides dans la culture du sarrasin et, au moins, de maintenir le rendement. Les deux herbicides de pré-levée Dual Gold et Nimbus CS sont apparus ici comme des variantes avantageuses dans l'ensemble. Une autorisation de ces procédés est souhaitable, afin de pouvoir intégrer le sarrasin comme culture dans les rotations conventionnelles. Il n'est pas nécessaire pour ce faire de suivre toute la procédure d'autorisation, car ces produits sont déjà autorisés officiellement pour d'autres cultures (Dual Gold: maïs, tournesol, fèves de soja, betterave sucrière, etc. / Nimbus CS: colza). C'est pourquoi des procédures mineures suffiraient pour l'autorisation.

Les bases de la culture du sarrasin avec type de production PER seraient ainsi jetées en Suisse. Le battage direct serait solidement intégré dans la chaîne de travail, et le sarclage et l'andainage laborieux pourraient être supprimés. Les coûts de nettoyage et de séchage seraient moins élevés; les cultures successives pourraient être libérées de la pression des adventices.

D'autres mesures seront prises dans le cadre d'une coopération avec Agroscope, la HAFL et l'ETH pour une installation du sarrasin. Ces mesures vont de tests variétaux à des objectifs de sélection en passant par la recherche d'un moulin à décortiquer approprié. Tous ces efforts peuvent rendre la culture du sarrasin à nouveau attractive pour la production alimentaire dans l'agriculture suisse. ■

### Remerciements

Merci à Simon van der Veer (Inforama Rütli, Zollikofen) et à Hans Ramseier (HAFL, Zollikofen) pour leurs conseils. Certaines parties de l'étude ont été réalisées dans le cadre du projet «Improbuck» avec le financement du programme de recherche Coop du World Food System Center de l'ETH Zurich.

**Riassunto**

**Erbicidi nelle colture di grano saraceno: cinque prodotti a confronto**

In Svizzera, il grano saraceno è una coltura di nicchia che sta destando un interesse crescente per la sua farina priva di glutine e il suo elevato valore proteico. Allo scopo di stabilire le condizioni quadro della coltura tradizionale del grano saraceno è stata esaminata l'idoneità al controllo delle malerbe di due erbicidi di pre-emergenza e di tre erbicidi di post-emergenza. Entrambi gli erbicidi di pre-emergenza Dual Gold e Nimbus CS hanno dato risultati generalmente molto buoni nel controllo delle erbe infestanti fino alla maturazione. Sebbene abbiano influenzato negativamente la densità del grano saraceno, rispetto alle colture di controllo non hanno pregiudicato il rendimento. Betasana e Betam Combi RAL, contenenti il principio attivo ethofumesate, hanno ridotto notevolmente il rendimento. Questo effetto è dovuto all'azione fito-tossica e ritardante che questi due prodotti esercitano sulla fioritura e la crescita. L'erbicida di post-emergenza Beetup, se applicato in modo da controllare solo moderatamente le malerbe, è il solo ad avere suscitato un aumento consistente del rendimento: 2,8 dt/ha sulla media annuale. I due erbicidi di pre-emergenza Dual Gold e Nimbus CS si sono rivelati due prodotti potenzialmente interessanti per una procedura di autorizzazione in Svizzera. Se venissero autorizzati, il raccolto mediante trebbatura diretta sarebbe semplificato.

**Summary**

**Weed control in buckwheat: comparison of five selected herbicides**

Buckwheat is an orphan crop in Switzerland which has lately been gaining attention due to its gluten-free flour and the high biological value of its protein. In order to establish the conditions for conventional production of buckwheat, two pre-emergence and three post-emergence herbicides were tested as to their suitability for controlling weeds in this crop. The two pre-emergence herbicides, Dual Gold and Nimbus CS, generally exhibited very good control of dicots and grasses up to maturity. They also exerted a negative impact on the density of buckwheat, which did not, however, affect yield negatively. Betasana and Betam Combi RAL, both of which contained the active component ethofumesate, brought about a marked reduction in yield. This effect was a result of their phytotoxicity, as well as their delaying effect on growth and flowering time. The post-emergence herbicide Beetup, which was only moderately successful in controlling weeds, was nonetheless the only treatment bringing about a consistent yield increase of 2,8 dt/ha on average. The two herbicides Dual Gold and Nimbus CS were identified as being potentially promising for registration in Switzerland. In case of a registration of these herbicides harvesting could be made easier by means of direct threshing.

**Key words:** buckwheat, *Fagopyrum esculentum*, weed control, herbicide.

#### Bibliographie

- Bates D., Mächler M., Bolker B. & Walker S., 2014. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* **67** (1), 1–48.
- Bohanec B. & Retelj H., 1986. Chemical weed control in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Fagopyrum* **6**, 17–20.
- FAOSTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. Accès: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> [16.1.2017].
- Kirchgessner N., Liebisch F., Kang Y., Pfeifer J., Friedli M., Hund A. & Walter A., 2016. The ETH field phenotyping platform FIP: a cable-suspended multi-sensor system. *Functional Plant Biology* **44** (1), 154–168.
- Knězević M. & Baketa E., 1989. Weed control in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in the region of Slavonia. *Fagopyrum* **9**, 49–52.
- Knězević M. & Baketa E., 1992. Efficacy of some herbicides in agrophytocenosis of buckwheat in the Slavonia region. *Fagopyrum* **12**, 43–47.
- Lenth R., 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *Journal of Statistical Software* **69** (1), 1–33.
- Podolska G., 2013. Efficiency of chemical protection of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). Conférence à l'occasion du 12<sup>e</sup> symposium international sur le sarrasin. Laško, Slovénie.
- Stamp P., Messmer R. & Walter A., 2012. Competitive underutilized crops will depend on the state funding of breeding programmes: An opinion on the example of Europe. *Plant Breeding* **131** (4), 461–464.
- Wall D. A. & Smith M. A. H., 1999. Weed management in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Canadian Journal of Plant Science* **79** (3), 455–461.
- Wall D. A. & Smith M. A. H., 2000. Tolerance of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) to low rates of 2,4-D and MCPA. *Canadian Journal of Plant Science* **80** (2), 407–410.