

Des pistes pour optimiser la production de lin oléagineux en Suisse

Carolin Luginbühl, Christine Herzog, Patrick Stettler et Jürg Hiltbrunner
 Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 8046 Zurich, Suisse
 Renseignements: Jürg Hiltbrunner, e-mail: juerg.hiltbrunner@agroscope.admin.ch



Figure 1 | L'avancement du début de la floraison peut diminuer le stress hydrique dans les régions où les étés sont secs: lin oléagineux d'hiver (gauche) et de printemps sur le site de Zurich en juin 2012. (Photo: Carolin Luginbühl, Agroscope)

Introduction

Des découvertes de lin sur des lieux de fouilles en Suisse ainsi que la toponymie attestent que les hommes appréciaient les diverses utilisations de cette plante cultivée dans nos régions il y a longtemps déjà. La surface cultivée a par la suite connu un important recul, notamment vers le milieu du siècle dernier, lorsque la culture du colza a supplanté celle du lin et du pavot. Depuis 2002, les surfaces de lin oléagineux sont à nouveau en constante progression en Suisse (Frick *et al.* 2004). Actuellement, la production indigène ne permet cependant pas de satisfaire la demande et les importations de lin représentaient en 2014 près de 7000 t (AFD 2014).

En particulier en production bio, une alternative intéressante a pu être développée, en intégrant depuis 2005 cette culture relativement peu exigeante dans l'assolement. En 2015, la surface cultivée représente près

de 50 ha (H. G. Kessler, comm. pers.). L'extension de la surface cultivée s'explique sans doute aussi par le prix très intéressant de 290.– fr./dt.

Mais on cultive aussi le lin avec succès dans d'autres projets répondant aux exigences des prestations écologiques requises (PER). Il s'agit le plus souvent de projets régionaux d'une échelle réduite. Le lin, peu exigeant en nutriments, se prête en général bien aux surfaces extensives.

En outre, depuis l'entrée en vigueur de la politique agricole 2014–2017, une contribution pour des cultures principales colorées ou traditionnelles peut être allouée, dans plusieurs cantons, en plus de la contribution pour les oléagineux.

Des essais menés sur des variétés de lin oléagineux de printemps ont montré que les facteurs environnementaux et les techniques culturales influencent davantage le rendement que les variétés (Hiltbrunner *et al.* 2009). La plante réagit notamment fortement au stress hydrique pendant la phase de floraison et de remplissage du grain (Pellet et Vuilloud 2004). Grâce à une floraison plus précoce, la culture de variétés d'hiver permet de diminuer le stress hydrique dans les régions où l'été est sec. Le semis d'automne s'accompagne en outre d'autres aspects positifs, comme celui d'une couverture hivernale du sol. Encore faut-il que ces variétés déclarées d'hiver résistent au froid sans trop de dommages. Ce n'était pas encore le cas pour les premières variétés disponibles dans le commerce (Pellet et Vuilloud 2004). C'est pourquoi de nouvelles variétés ont été testées, du point de vue de leurs propriétés et de leur rendement, et ont été comparées avec des semis de printemps (fig. 1). Des expériences issues de la pratique – en particulier en conditions bio – ont montré que les semis de printemps pouvaient être fortement envahis de mauvaises herbes. Cela peut entraîner des problèmes au moment de la récolte et occasionner des teneurs en eau plus élevées dans le produit récolté. Toutefois, il n'est pas toujours nécessaire de battre le lin quand il est encore sur pied, on peut parfois le mettre d'abord en andains (Flax Council of Canada 2014). Les raisons qui parlent en faveur du battage après andainage sont une diminution

de la teneur en eau de la récolte ainsi que l'obtention d'un matériel uniformément sec qui permet une avancée plus régulière de la machine (Brown *et al.* 1999). C'est dans ce but que l'on a étudié également l'effet du battage direct et du battage après andainage sur la teneur en eau des graines au moment de la récolte ainsi que sur le rendement de deux variétés de lin testées.

Les résultats dont on dispose actuellement sur l'effet des différentes densités de semis sur le rendement sont parfois contradictoires (p. ex. Diepenbrock et Pörksen 1992; Casa *et al.* 1999; Hassan *et al.* 2005; Pageau *et al.* 2006). Selon les endroits, on peut améliorer le rendement en augmentant la densité de semis jusqu'à 1000 graines/m². Cependant, si l'on tient compte des risques de verse et de la capacité de compensation, on peut aussi recommander des densités de semis ou de peuplement plus basses, une augmentation de la densité de semis n'entraînant plus d'accroissement du rendement. Des densités de semis plus élevées peuvent toutefois améliorer la concurrence vis-à-vis des adventices (Griselda *et al.* 2007). Sur cette base, on a étudié la réaction de trois variétés de lin oléagineux de printemps à diverses densités de semis.

Matériel et méthodes

Entre 2009 et 2014, trois séries d'essais ont été réalisées (tabl. 1). Les essais en petites parcelles ont été disposés en blocs randomisés à deux facteurs et quatre répétitions, l'interligne étant à chaque fois de 18 cm. Lors de l'essai sur les techniques de récolte et lors de l'essai sur les semis d'automne et de printemps, 500 graines viables et non traitées ont été semées par m². Les variétés, toutes à graines brunes, provenaient de programmes de sélection français (GIE Linea [Alaska, Altess, Banquise, Everest, Iceberg, Niagara] ainsi que Laboulet Semences [Récital]). Sur les sites certifiés bio (label bourgeon), on a utilisé le produit Biorga Quick pour la fumure (12 % azote [N], Engrais Hauert HBG SA, Grossaffoltern) avec un apport maximal de 60 kg N/ha (tabl. 1). Sur le site de Dietikon, parallèlement au Biorga, du lisier de biogaz a également été épandu. Dans les surfaces exploitées selon les directives PER, l'apport maximal a été de 70 kg N/ha sous forme de nitrate d'ammoniaque magnésien. Le contrôle des adventices sur les sites bio s'est effectué au moyen d'une herse-étrille et/ou d'une sarcluse. Sur les surfaces PER, des herbicides ont été utilisés.

La récolte a été effectuée à l'aide d'une moissonneuse adaptée aux petites parcelles (Hege 125 C). Dans l'essai sur les techniques de récolte, on a relevé le rendement maximal avant la récolte par un prélèvement de tiges sur une surface de 0,5 m² par parcelle. Dans l'essai

Résumé ■ Le lin occupe une place mineure parmi les plantes oléagineuses en Suisse, bien qu'il bénéficie de contributions pour les oléagineux. Ces dernières années, les surfaces cultivées en agriculture biologique se sont cependant considérablement étendues. Dans le but d'améliorer la stabilité du rendement, des essais en petites parcelles ont été menés afin de comparer les semis d'automne et de printemps ainsi que deux techniques de récolte – le battage direct et le battage après andainage. Diverses densités de semis ont également été testées. Le semis d'automne de variétés d'hiver a permis des rendements plus élevés que le semis de printemps. Les profils d'acides gras ont été peu influencés par la période de semis et les diverses variétés étudiées – Everest, Alaska, Banquise et Iceberg – ont affiché une teneur en acide linoléique de l'huile comprise entre 55 % et 61 %. L'andainage a permis de réduire le taux d'humidité à la récolte, spécialement lorsque celle-ci comportait beaucoup de mauvaises herbes. Dans trois des quatre essais, aucun effet négatif de l'andainage sur le rendement n'a été observé. Les trois variétés Altess, Niagara et Récital ont réagi de manière analogue aux trois densités de semis, la densité la plus basse (250 graines/m²) se traduisant lors de la récolte par le rendement le plus faible et la teneur en eau la plus élevée. En choisissant une densité optimale de semis et une technique de récolte adaptée aux conditions de la parcelle, la production de lin d'hiver – pour autant qu'elle soit techniquement conciliable avec l'assolement – peut apporter une contribution essentielle à la réussite de la culture du lin.

sur le battage après andainage, le lin a été coupé à la motofaucheuse, munie d'une barre de coupe double de type Busatis. On l'a ensuite disposé en andains sur des chaumes de 10–15 cm et laissé sécher pendant au moins 24 heures.

Pour tous les essais, on a relevé la levée au champ, le début de la floraison, la hauteur des plantes en floraison, la résistance à la verse au moment de la récolte, la teneur en eau des graines au moment de la récolte, le rendement en graines ainsi que le poids de mille graines (PMG). En outre, on a déterminé la teneur en huile et les profils d'acides gras d'échantillons regroupés, provenant des répétitions de l'essai comparatif sur les semis d'automne et de printemps.

Tableau 1 | Aperçu des itinéraires techniques et informations sur les sites pour les essais de lin oléagineux d'hiver et de printemps, de 2009 à 2014.

Essai	Semis d'automne/de printemps			Technique de récolte				Densité de semis			
Variétés	Alaska, Banquise, Everest, Iceberg			Altess, Niagara				Altess, Niagara, Récital			
Méthode	Semis d'automne/de printemps			battage après andainage/battage direct				250, 500, 750 graines/m ²			
Taille de la parcelle	25 m ²			25 m ²				20 m ²		10 m ²	
Année d'essai	2013		2014	2012		2013		2009		2010	
Site	Seebach	Zurich ¹	Zurich	Tänikon	Urdorf	Tänikon	Seebach	Dietikon	Urdorf	Dietikon	Urdorf
Exploitation	Bio	PER	PER	PER	Bio	PER	Bio	Bio	Bio	Bio	Bio
Précédent cultural ²	Orge	Pommes de terre	Pommes de terre	BA	BA avec sous-semis de trèfle	Maïs d'ensilage	Orge	PA	BA, CI trèfle	BA, CI phacélie+trèfle	
Date du semis	26.9.12/ 17.4.13	25.9.12/ 18.4.13	1.10.13/ 24.4.14	27.3	2.4	18.4	18.4	9.4	15.4	8.4	21.4
Andainage	–	–	–	8.8	13.8	22.8	14.8	–	–	–	–
Récolte	27.7 / 16.8	- / 16.8	7.8/ 8.8	10.8	20.8	23.8	15.8	8.9	1.9	3.9	26.8
Jours de végétation [semis-récolte]	304 / 120	- / 120	310 / 120	136	140	126	119	154	141	148	127
N _{min} au début de la végétation [kg/ha]	40,9	–	–	–	155	–	40,9	62	110	59	–
Fumure N [kg/ha]	42 / 60	- / 58	58 / 33	70	–	61	60	49	47	25	47
Contrôle des adventices ³	2 x H+S / 2 x H+S	- / 2 x C	1 x C / -	2 x C	2 x C	2 x C	2 x H+S	1 x H, 2 x S	1 x S, 1 x H	–	2 x H
Somme des températures [base: 0 °C] ⁴	2524 / 1955	- / 1955	2112 / 1413	2178	2208	1980	1955	2349	2366	2234	2121
Cumul des précipitations [mm] ⁴	910 / 417	- / 417	890 / 404	481	496	489	417	468	463	588	539

¹Abandon de l'essai de semis d'automne.

²PA = prairie artificielle, BA = blé d'automne, CI = culture intercalaire.

³S = sarcluse, E = herse-étrille, C = traitement chimique (Concert SX avec Basagran, Targa Super pour le traitement plante par plante).

⁴pendant la période de végétation.

L'analyse statistique des données a été effectuée par une analyse de variance avec le logiciel R (R Core Team 2014). En cas d'effets significatifs, des différences statistiques ont été déterminées au moyen du test de Tukey (HSD).

Résultats et discussions

Semis d'automne ou de printemps?

Les quatre variétés étudiées ont fourni des rendements plus élevés lorsqu'elles étaient semées en automne (fig. 2). Les rendements les plus élevés ont été obtenus avec le semis d'automne 2013 sur le site exploité en agriculture biologique de Seebach, avec 12,8 dt/ha. Pour le semis de printemps, le rendement moyen sur la même parcelle était de 9,2 dt/ha. En 2013, on a dû abandonner l'essai de semis d'automne sur le site de Zurich (PER), suite à des dégâts occasionnés par des altises. En 2014, sur ce site, des rendements de 10,8 dt/ha ont été atteints pour le semis d'automne et de 3,6 dt/ha pour le semis de printemps (moyenne pour les quatre variétés).

La floraison des variétés semées en automne a débuté en moyenne 36 jours (33 jours pour le site de Seebach) avant celle des variétés semées au printemps (tabl. 2).

Lors des deux années d'essais, la floraison et le début de la phase de remplissage des grains du lin d'hiver ont coïncidé avec une période de bonne disponibilité en eau. Pour le lin de printemps par contre, la phase de floraison et de remplissage des grains n'est intervenue qu'après la mi-juin, durant une période où les températures étaient plus élevées et, surtout en 2013, les précipitations peu abondantes. Les variétés ayant été semées sur les mêmes parcelles et avec une même densité de semis, on peut considérer comme certain l'effet direct de ces différences de conditions météorologiques sur le rendement. D'autre part, on a observé que le lin semé au printemps devenait moins haut (tabl. 2). En 2014 en particulier, sur le site de Zurich, les plantes étaient très basses et la hauteur du peuplement n'atteignait que 37–42 cm à la fin de la floraison. Bien que le PMG soit avant tout influencé par la variété (PMG le plus élevé pour la variété Iceberg et le plus bas pour Alaska), la date de semis a également son importance. Pour toutes les variétés et sur les deux sites, le PMG était en moyenne de 0,5 g plus élevé pour le semis d'automne que pour celui de printemps.

Dans l'ensemble, des différences significatives ont été observées entre les variétés, leur classement n'étant pas

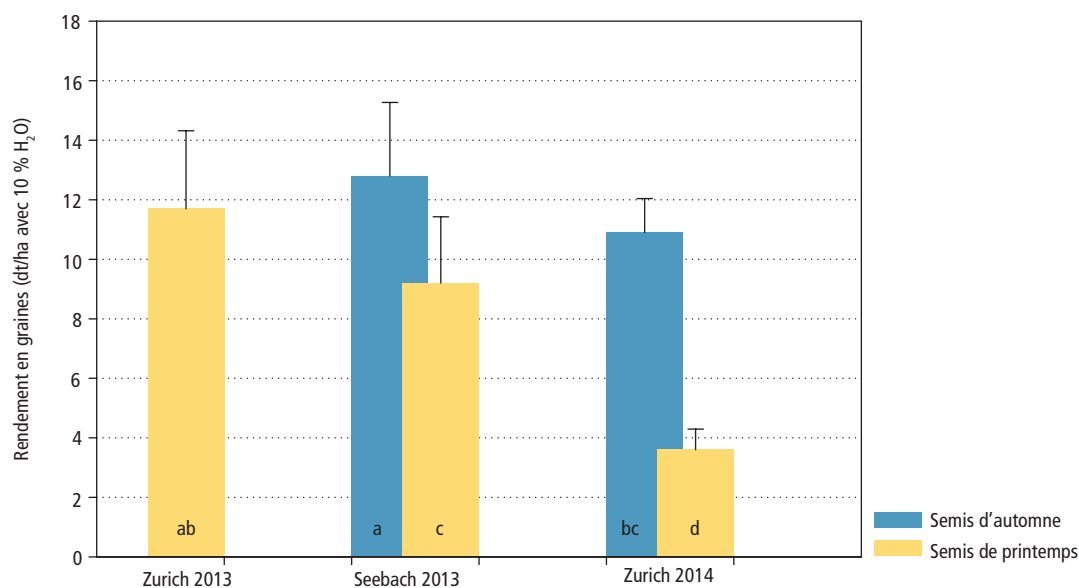


Figure 2 | Rendement en grains (dt/ha, valeur moyenne des variétés de lin oléagineux Alaska, Banquise, Iceberg et Everest) des semis d'automne et de printemps sur les sites de Zurich (PER) et Seebach (bio), en 2013 et 2014. Les lignes correspondent aux écarts types ($n = 4$). Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0,05$, Tukey HSD).

toujours le même (fig. 3). En fonction de la période de semis et du site, la production a atteint 1 à 5,5 dt d'huile par ha. La période de semis n'a que peu influencé le profil des acides gras (fig. 4). Les différences entre les quatre variétés étaient également faibles et toutes présentaient une teneur en acide α -linoléique de l'huile de 55–61 %. Les autres acides gras les plus importants étaient l'acide oléique et l'acide linoléique, avec des teneurs de respectivement 17 et 14 %.

Par rapport aux variétés de lin oléagineux de printemps étudiées antérieurement (33–40 % de teneur en huile), les variétés de lin d'hiver testées ici présentaient des teneurs en huile bien plus élevées (43–49 %) (Hiltbrunner *et al.* 2009). Le semis de printemps 2014 a constitué la seule exception, avec des teneurs en huile de 36 et

38 %. Si l'on considère le rendement en huile, Banquise est une variété intéressante pour le semis d'automne, tout comme Iceberg.

Effectué correctement, le battage après andainage n'affecte pas le rendement...

Dans l'essai d'Urdorf en 2012, en conditions bio, le procédé de battage après andainage s'est traduit – pour un niveau comparativement bas – par un rendement significativement plus élevé (fig. 5), alors qu'il était inférieur sur le site de Seebach en 2013. En conditions PER, le rendement en graines n'a pas été influencé négativement par le battage après andainage. La baisse de rendement sur le site de Seebach s'explique par la faible pression des mauvaises herbes et par la date d'andainage compa-

Tableau 2 | Date de floraison, hauteur des plantes, rendement en grains, humidité des graines au moment de la récolte et poids de mille grains (PMG) pour les variétés de lin oléagineux Alaska, Banquise, Everest et Iceberg, pour les semis d'automne et de printemps sur le site de Seebach (2013).

	Semis d'automne					Semis de printemps				
	Alsaka	Banquise	Everest	Iceberg	Valeur moyenne	Alsaka	Banquise	Everest	Iceberg	Valeur moyenne
Date de floraison	18.05	16.05	16.05	18.05	17.05	20.06	19.06	19.06	18.06	19.06
Hauteur des plantes [cm]	69	65	66	75	68,8	55	53	51	59	54,5
Rendement [dt/ha avec 10 % H ₂ O]	12,2	13,9	10,7	14,3	12,8	9	10,3	8	9,7	9,3
Humidité des graines à la récolte [%]	6,3	6,3	6,5	5,9	6,3	12,8	13,5	17,2	16,2	14,9
PMG [g]	6,3	6,6	6,4	6,8	6,5	6	6,2	6,1	6,8	6,3

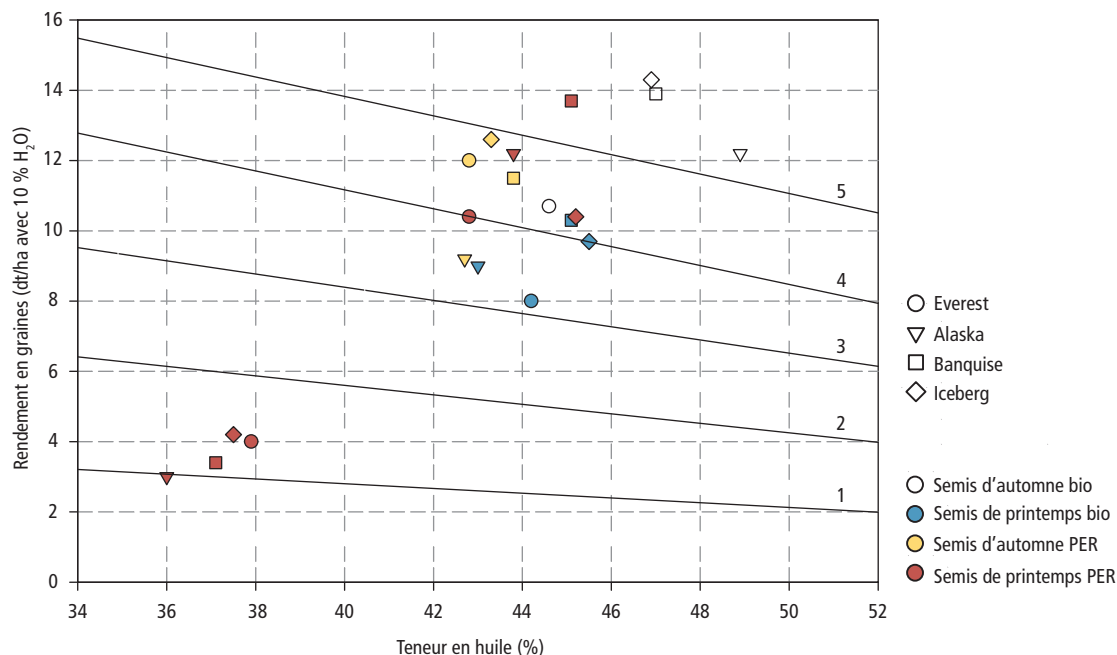


Figure 3 | Rendement en grains (dt/ha) et teneur en huile (%) des variétés Everest, Alaska, Banquise et Iceberg pour les semis d’automne et de printemps sur les sites de Seebach (bio) et Zurich (PER), en 2013 et 2014. Les isolignes 1–5 représentent les rendements en huile (dt/ha).

rativement plus tardive. A maturité, les capsules libèrent en effet les graines qui tombent au sol et ne sont pas retenues dans les mauvaises herbes comme dans l’essai mené à Urdorf. Elles ne peuvent donc plus être récupérées sans perte avec la table de coupe utilisée. Comme il a été également démontré avec le colza (Haile *et al.* 2014), un andainage mené au moment adéquat n’entraîne pas de baisse de rendement. Les pertes de récolte calculées au moyen d’un prélèvement de tiges ont montré que, par rapport à un andainage plus précoce, la perte de récolte était environ 10 % plus élevée lorsque le peuplement de

lin était déjà à maturité au moment de l’andainage. Dans ce dernier cas, les pertes étaient comparables avec celles du battage direct (données non présentées).

... et permet d’économiser des coûts de séchage

Par rapport au battage direct, l’humidité à la récolte a pu être réduite de manière significative avec le battage après andainage dans tous les essais – l’humidité de départ étant à chaque fois très différente (fig. 5). L’effet le plus marqué a été observé en 2012 à Urdorf avec une réduction de 19 à 9 % H₂O. En 2013, l’andainage a égale-

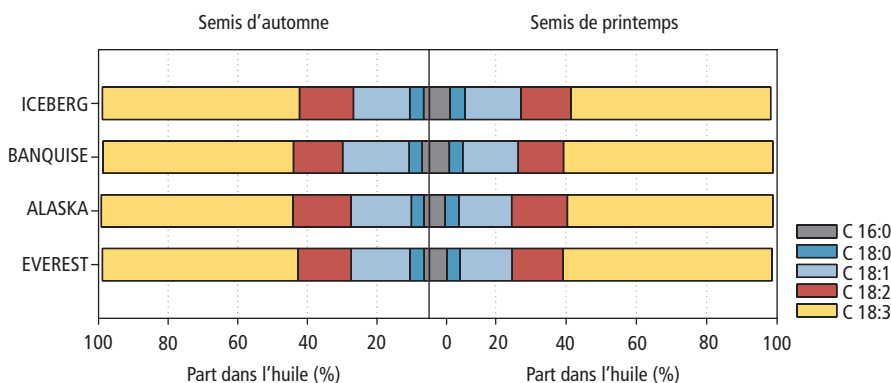


Figure 4 | Part des acides palmitique (C16:0), stéarique (C18:0), oléique (C18:1), linoléique (C18:2) et α-linolénique (C18:3) dans l’huile des quatre variétés Everest, Alaska, Banquise et Iceberg, pour les semis d’automne et de printemps sur le site de Zurich (PER), en 2014.

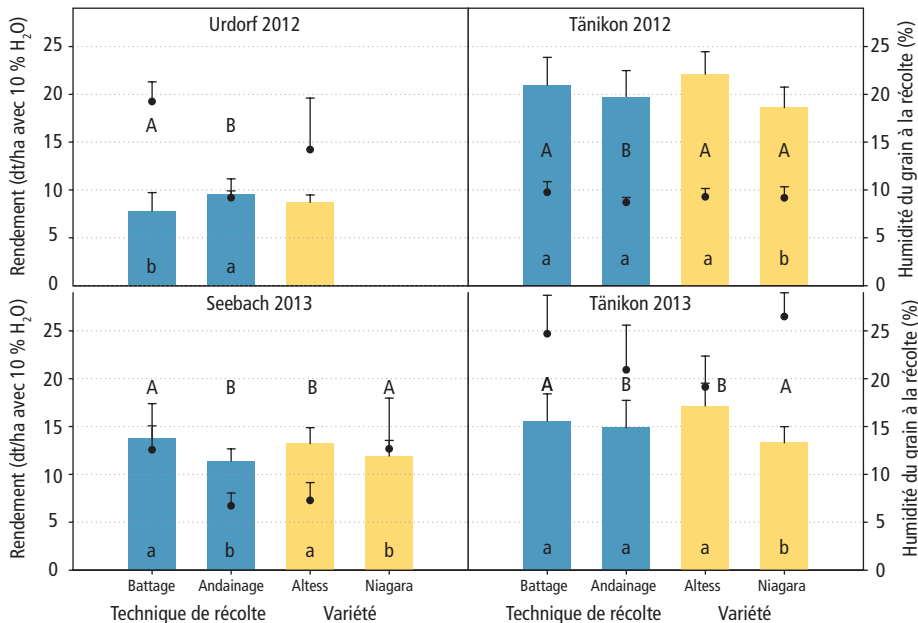


Figure 5 | Rendement en grains (dt/ha, colonnes) et teneur en humidité au moment de la récolte (% H₂O, points) pour les variétés de lin oléagineux de printemps Altess et Niagara, suite au battage après andainage et au battage direct sur les quatre sites, en 2012 et 2013. Les lignes correspondent aux écarts types. Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre les deux techniques de récolte et entre les deux variétés: lettres minuscules pour le rendement, lettres majuscules pour la teneur en eau au moment de la récolte (P < 0,05, Tukey HSD).

ment entraîné une diminution de la teneur en humidité de 6 % lors des deux essais.

Pour autant qu'il soit pratiqué à un moment opportun et de manière soignée – l'andainage du lin permet de réduire la teneur en eau de manière significative, après un temps de séchage de 24 heures déjà. Cependant, lorsque le lin n'a pas atteint une maturité suffisante (ex. Tänikon 2013), un séchage en andains de cette durée n'est pas suffisant. Lorsque qu'il n'y a que peu de biomasse d'espèces adventices et que les prévisions météorologiques ne permettent qu'un bref temps de séchage en andains, ou lorsque les plantes sur pied sont déjà en pleine maturité, le battage après andainage ne présente pas d'avantage (Brown *et al.* 1999; Flax Council of Canada 2014). Dans ces cas, la réduction des coûts de séchage ne compense pas la charge de travail.

Une densité de semis trop basse peut prêter le rendement...

Des densités de semis moyennes à élevées ont abouti à un rendement significativement plus élevé que les densités de semis les plus faibles, cependant on ne note pas de différence de rendement résultant de densités de semis moyennes ou élevées (fig. 6). Les différences entre les densités de semis les plus basses et les plus élevées n'étaient pas aussi importantes que les différences entre les trois variétés étudiées.

Avec des densités de semis basses (250 graines/m²), les plantes n'ont pas pu compenser la réduction de rendement par la formation de tiges secondaires supplémentaires et donc par un nombre de capsules en rapport. D'autre part, on n'a pas observé d'augmentation supplémentaire du rendement en augmentant la densité de semis de 500 à 750 graines/m² (Pageau *et al.* 2006). Cela pourrait être dû au fait que le nombre de capsules par plante s'est réduit et que les feuilles s'ombrageaient davantage les unes les autres. Par conséquent, l'efficacité de la surface foliaire s'en trouvait réduite et les feuilles tombaient plus rapidement (Casa *et al.* 1999), ce qui s'est traduit par un raccourcissement de la durée optimale d'assimilation. En conditions bio en particulier, il ne faudrait pas opter pour une densité de semis trop basse, d'une part pour ne pas influencer négativement le rendement, mais également pour ne pas favoriser le développement des adventices en permettant une pénétration accrue de lumière (Griselda *et al.* 2007).

... et retarder la maturation

La teneur en humidité du grain au moment de la récolte était plus faible dans les essais avec des densités de semis élevées que dans ceux où les densités étaient les plus basses (fig. 6). Les mêmes constatations ont été faites par d'autres auteurs (Pageau *et al.* 2006), soit que les peuplements plus denses arrivaient à maturité plus tôt que

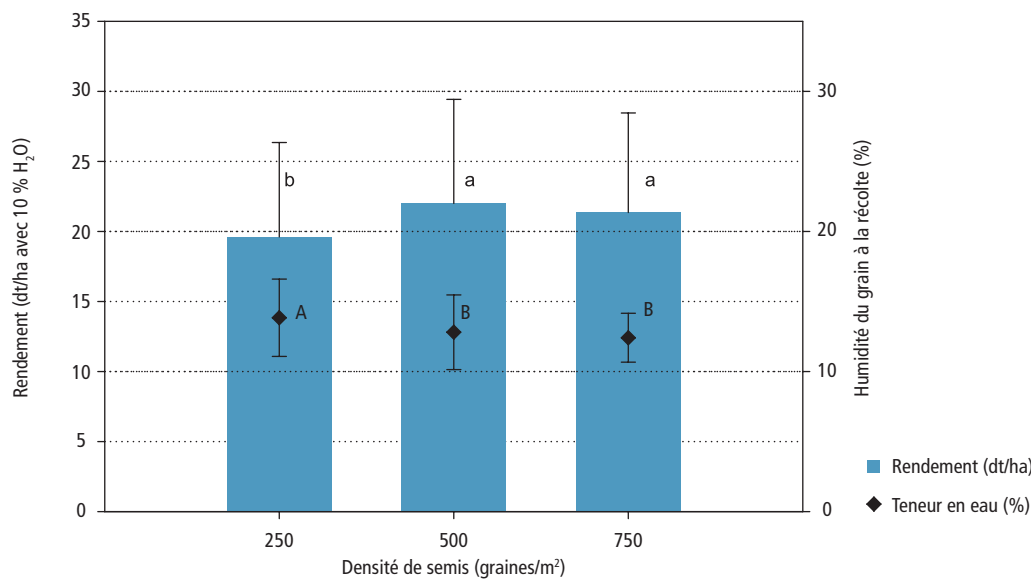


Figure 6 | Rendement moyen en grains moyenne des trois variétés de lin oléagineux Altess, Niagara et Récital) et teneur en humidité (% H₂O) au moment de la récolte, pour les trois densités de semis (250, 500, 750 graines/m²). Les valeurs se basent sur les quatre essais en conditions biologique (deux sites, en 2009 et 2010). Les lignes correspondent aux écarts types. Des lettres différentes indiquent des différences significatives (P < 0,05, Tukey HSD).

les peuplements à faible densité. Cela pourrait être dû à une concurrence des plantes pour la lumière, l'espace et les nutriments qui entraînent une floraison plus précoce et par conséquent des écarts moindres entre les états de maturité des capsules d'une plante.

Bien que dans le cas présent on n'ait pas observé de tendance accrue à la verse avec des densités de semis plus élevées, cela peut se produire dans certaines conditions (Pageau *et al.* 2006).

Conclusions

La culture de nouvelles variétés de lin oléagineux d'hiver est tout à fait possible et des rendements supérieurs, comparés à ceux des variétés de printemps, sont réalisables sur les mêmes sites. Même si de nombreux arguments parlent en faveur de la culture du lin d'hiver, il ne faut pas perdre de vue que la récolte intervient plus tôt que celle du lin de printemps et coïncide avec la période des moissons.

Le battage après andainage, déjà partiellement appliqué dans la pratique, n'a pas révélé de désavantage par rapport au battage direct au cours des essais – les pertes occasionnées par les étapes de travail supplémentaires restant marginales. Par contre, le séchage au sol a permis de réduire de manière significative la teneur en eau. Cela s'est avéré un avantage en particulier dans

les peuplements où la pression des mauvaises herbes était plus forte ou dans des peuplements arrivant plus lentement à maturité (p. ex. floraison étagée).

On a pu déduire des essais menés sur des densités de semis différentes que des densités comprises entre 500 (env. 40 kg/ha) et 750 graines/m² (env. 60 kg/ha) produisent de meilleurs rendements que des densités de 250 graines/m². Des densités de semis trop basses entraînent un risque important de rendements faibles, surtout si l'on s'attend à une mauvaise levée au champ ou s'il y a une forte pression des mauvaises herbes en production bio. Dans ces cas, il faudrait plutôt opter pour des densités de semis plus élevées. ■

Remerciements

Nous remercions la fondation Hauser (Weggis) et BioSuisse pour leur soutien financier ainsi que les agriculteurs des sites d'essais (familles Götsch, Weidmann et Spahn) pour leur précieuse collaboration. Les semences ont été aimablement mises à disposition par les sélectionneurs. Les teneurs en huile et profils d'acides gras ont été déterminés par le laboratoire Laboulet Semences (Airaines, F).

Riassunto

Approcci per ottimizzare la coltivazione del lino da olio in Svizzera

Nonostante i contributi per la trasformazione dei semi oleosi, in Svizzera il lino è rimasto una pianta da olio poco rilevante. Nell'agricoltura biologica, tuttavia, negli ultimi anni si è riusciti a estendere notevolmente la superficie coltivata. Perseguendo l'obiettivo di migliorare la stabilità della resa, tramite prove su piccoli appezzamenti si sono confrontati semi autunnali e primaverili nonché due differenti tecniche di raccolta (trebbiatura diretta e trebbiatura in andana); sono inoltre state sperimentate diverse densità di semina. Con la semina, in autunno, di varietà resistenti alle temperature rigide si sono ottenute rese superiori rispetto ai semi primaverili. Le composizioni in acidi grassi sono state poco influenzate dal momento della semina; nell'olio delle varietà analizzate Everest, Alaska, Banquise e Iceberg è stato rilevato un tenore in acido linolenico tra il 55 e il 61 per cento. Con il deposito in andana si è potuto ridurre il contenuto d'acqua nel raccolto, in particolare in caso di maggiore presenza di piante infestanti. In tre prove su quattro non si è osservato nessun effetto negativo sulla resa dovuto all'andana. Le tre varietà Altess, Niagara e Récital hanno reagito analogamente alle tre diverse densità di semina, delle quali la più bassa (250 semi/m²) ha portato a una resa inferiore e contemporaneamente a un maggiore contenuto d'acqua nel raccolto. Attraverso la scelta della densità di semina ottimale, una tecnica di raccolta adeguata alle condizioni del campo e, ove fattibile dal punto di vista tecnico della rotazione delle colture, la coltivazione di lino da olio invernale, è possibile apportare un contributo fondamentale al successo della coltura del lino.

Bibliographie

- AFD, 2014. Statistiques du commerce extérieur suisse. Administration fédérale des douanes, Berne. Accès: <http://www.swiss-impex.ezv.admin.ch/> [1.4.2015].
- Brown J., Davis J., Erickson D. & Brown A., 1999. Effects of Swathing on Yield and Quality of Spring Canola in Northern Idaho. *Journal of Production of Agriculture* 12 (1), 33–37.
- Casa R., Russel G., Cascio B. & Rossini F., 1999. Environmental effects of linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth off lax at different stand densities. *European Journal of Agronomy* 11, 267–278.
- Diepenbrock W. & Pörksen N., 1992. Effect of stand establishment and nitrogen fertilization on yield and yield physiology of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Industrial Crops and Products* 1 (2–4), 165–173.
- Flax Council of Canada, 2014. Growing Flax, Harvesting. Accès: <http://www.flax-council.ca/english/index.jsp?p=growing10&mp=growing> [9.4.2014].
- Frick C., Guthapfel N. & Hebeisen T., 2004. Nachwachsende Rohstoffe in der Schweiz: eine Übersicht. Bericht z. H. von IENICA, dem interaktiven europäischen Netzwerk für Industriepflanzen und deren Anwendungen. Agroscope FAL Reckenholz, Zürich.
- Griselda E., Sanchez-Vallduvi S. & Santiago J., 2007. Effect of Different Sowing Patterns of Oil Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Crop on *Brassica* sp. as a Strategy for Sustainable Weed Management. *Biological Agriculture and Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems* 25 (2), 123–131.

Summary

Approaches for optimising linseed cultivation in Switzerland

Despite state financial support (oilseed payments) for linseed, linseed is still a fairly insignificant oilseed crop in Switzerland. Over the last few years, however, the area under organic cultivation of this crop has been significantly expanded. With the aim of improving yield stability, in small-plot trials, comparisons of autumn vs. spring sowing and of two different harvesting techniques – direct threshing and threshing after swathing – as well as comparisons of three seeding densities were conducted. The sowing of winter-hardy varieties in autumn achieved higher yields than did the spring sowing. The fatty-acid profile was influenced only slightly by the sowing date, and the studied varieties – Everest, Alaska, Banquise and Iceberg – exhibited linolenic-acid contents in oil of between 55 % and 61 %. With swathing, especially where weed infestation was high, it was possible to reduce the water content in the harvested crop. In three out of four experiments, no disadvantage in terms of yield was observed from swathing. The three varieties Altess, Niagara and Récital reacted similarly to the three different seeding densities, with the lowest seeding density (250 seeds/m²) leading simultaneously to a lower yield and a higher water content at harvest. Choosing the optimal seeding density, employing a harvest technique corresponding to field conditions, and – where possible in terms of crop rotation – cultivating winter-hardy linseed varieties can all make a substantial contribution to successful linseed cultivation.

Key words: *linseed, Linum usitatissimum* L., organic farming, seeding density, swathing, direct threshing, fall seeded varieties.

- Haile T., Gulden R. & Shirtliffe S., 2014. On-farm seed loss does not differ between windrowed and direct-harvested canola. *Canadian Journal of Plant Science* 94 (5), 785–789.
- Hassan F., Leitch M. & Abbasi M., 2005. Effects of seeding densities and row spacing on yield and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Acta Agronomica Hungarica* 53 (3), 309–317.
- Hiltbrunner J., Hebeisen T., Hunziker H. R. & Herzog C., 2009. Eignung von neuen Sommerölsorten für den Ökolandbau im Schweizer Mittelland. In: Werte – Wege – Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel, Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 11.–13. Februar 2009, ETH Zürich (Hrsg. J. Mayer et al.), S. 219–220. Accès: http://orgprints.org/14365/1/Hiltbrunner_14365.pdf [6.5.2015].
- Pageau D., Lajeunesse J. & Lafond J., 2006. Effet du taux de semis et de la fertilisation azotée sur la productivité du lin oléagineux. *Canadian Journal of Plant Science* 86 (2), 363–370.
- Pellet D. & Vullioud P., 2004. Lin d'hiver ou de printemps: une culture à découvrir. *Revue suisse d'Agriculture* 36 (3), 109–116.
- R Core Team, 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienne.