

Série Sources alternatives de protéines dans l'alimentation animale

Les oléagineux comme alternatives aux protéines importées

Annelies Bracher

Agroscope, 1740 Posieux, Suisse

Renseignements: Annelies Bracher, e-mail: annelies.bracher@agroscope.admin.ch



Les tourteaux de colza et de tournesol (sous-produits du pressage de l'huile) sont d'importants vecteurs de protéines indigènes utilisés dans les aliments composés pour animaux. (Photo: Déborah Perriard, Agroscope)

Introduction

La dépendance de l'agriculture suisse vis-à-vis des importations d'aliments concentrés s'est progressivement accrue et se situe actuellement à 65,7 % (Agristat 2018). Bien que la principale source de protéines fourragères (67 %) provienne de la production suisse de fourrage (Bracher 2019), la part des importations des matières premières riches en protéines pour les aliments fourragers mélangés se situe à 85 %. Si l'on veut réduire sensiblement la dépendance aux importations, il faut trouver des alternatives pour remplacer les quelque 200 000 t de matière azotée (MA) importée des matières premières riches en protéines, dont l'origine est parfois problématique. Dans le cadre de la série «Sources alternatives de protéines dans l'alimentation animale», cet article est consacré aux oléagineux. Selon le processus de production, la transformation de ces graines en huile permet d'obtenir des tourteaux d'extraction ou de presse riches en protéines ayant une teneur en matière grasse (MG) résiduelle plus élevée. Les tourteaux ne conviennent pas à

la consommation humaine. Dans l'alimentation animale, ces matières premières comptent parmi les principales sources de protéines commercialisées sur le marché mondial. Les graines de soja sont également considérées comme des graines oléagineuses en raison de leur teneur en matière grasse. Les sous-produits du soja étant prédominants en tant que source de protéines de haute qualité, les flux commerciaux mondiaux sont importants (OECD/FAO 2018; USDA 2019). En Suisse, la réduction des sources de protéines animales (farines animales, farines de poisson) a dû être compensée par une augmentation des importations de tourteaux d'extraction et de presse d'oléagineux. Actuellement, ils représentent la majorité des aliments pour animaux riches en protéines importés (>75 %) (Bracher 2019). Cet article examine, sur la base de critères quantitatifs et qualitatifs, dans quelle mesure il est possible d'améliorer l'autonomie protéique par la culture accrue d'oléagineux indigènes ou par des importations d'origine européenne.

Matériel et méthodes

L'établissement d'un profil idéal d'exigences pour l'évaluation des aliments fourragers protéiques a déjà été décrit dans Bracher (2019) et figure dans le tableau 1 à titre de référence. Les données utilisées pour établir les profils nutritionnels sont tirées des données en ligne et hors ligne de la base de données suisse des aliments pour animaux (www.feedbase.ch). Les lacunes ont été complétées par des recherches bibliographiques. Le profil nutritionnel des produits à base de soja, utilisables de façon polyvalente, sert de référence. Les restrictions d'emploi spécifiques à l'espèce animale sont déterminées sur la base des profils nutritionnels et des composants antinutritifs. La qualité protéique requise dépend de l'espèce animale considérée. Les besoins des porcelets les plus exigeants ont été pris comme base pour une norme délibérément stricte. Les g d'acides aminés di-

gestibles/MJ énergie digestible porc (EDP) ont été choisis comme paramètres. Plus une source de protéines s'écarte du profil idéal, plus il y a de compromis à faire dans l'alimentation. Outre la qualité des aliments fourragers, des critères tels que les besoins en surface, l'impact environnemental et la concurrence avec l'alimentation humaine doivent également être pris en compte.

Résultats et discussion

Importance des graines oléagineuses

Les oléagineux comprennent différentes familles de plantes aux exigences climatiques très différentes. Les sept plus importants sont le soja, le colza, le tournesol, l'arachide, le coton, le palmier à huile et le cocotier. Les olives, le lin et le sésame ont une importance secondaire, mais peuvent prédominer au niveau régional. La prédominance du soja se reflète dans la quantité récoltée comme dans la production de tourteaux d'extraction et de presse (70 %; fig. 1). Derrière le soja, bien qu'à un niveau bien plus bas, le tourteau d'extraction et de presse de colza s'est établi comme la deuxième source de protéines la plus importante.

Toute la production d'huile n'est pas utilisée à des fins alimentaires. Quelque 12 % de la production mondiale sont destinés à la production de biodiesel (OECD/FAO 2018). En raison des programmes d'encouragement, cette part peut être beaucoup plus élevée selon les pays. Dans l'UE des 28, 40 % de la consommation d'huile est utilisée comme matière première pour le biodiesel: 44 % d'huile de colza et 29 % d'huile de palme, ce qui en fait les deux matières premières les plus importantes de cette production (UFOP 2019). Le transport de l'huile de palme comme matière première pour le biodiesel de l'Asie du Sud-Est vers l'Europe peut être remis en question. Intégrer entièrement la production de biodiesel dans l'économie

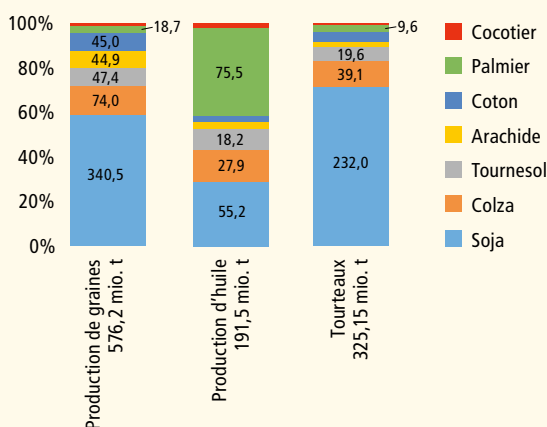


Figure 1 | Volume de production mondiale des sept graines oléagineuses les plus importantes (mio de t), situation 2017/18. (USDA 2019)

Résumé Riches en protéines, les tourteaux d'extraction et de presse d'oléagineux comptent parmi les principales sources de protéines pour les aliments fourragers mélangés à l'échelle mondiale. En Suisse, 85 % des tourteaux sont importés. Le colza et le tournesol sont les oléagineux indigènes les plus importants. La production domestique est liée à des accords-cadre et a donc un potentiel d'expansion étroit. Les sous-produits du tournesol en particulier s'écartent trop du profil idéal en ce qui concerne la teneur en MA, en fibres et en énergie, selon la proportion de coques. En revanche, les protéines du colza et du tournesol représentent une bonne source d'acides aminés soufrés et sont supérieures aux protéines du soja. Les produits à base de tournesol contiennent trop peu de lysine pour les animaux exigeants et les qualités partiellement décortiquée et non décortiquée sont trop faibles en énergie pour les animaux monogastriques. Les variétés HO riches en acide oléique entraînent des indices IPI élevés indésirables dans les rations pour porcs. Parmi les produits de niche, le tourteau de presse de courge à huile se distingue par une teneur en MA supérieure à 550 g/kg MS avec une digestibilité élevée des nutriments, ce qui en fait une source de protéines polyvalente, mais la qualité des protéines est inférieure à celle du soja. La teneur élevée en MG résiduelle restreint son utilisation pour les porcs à l'engrais, ce qui s'applique par principe à tous les tourteaux de presse. Cultures peu exigeantes, le lin et la caméline conviennent à la culture extensive. Le profil nutritionnel et les composants antinutritifs des sous-produits limitent leur utilisation dans l'alimentation des animaux monogastriques, mais peut être améliorée par un traitement thermique. En raison des faibles rendements en protéines, la culture des oléagineux exigerait trop de terres assolées au détriment des autres cultures afin d'améliorer l'autonomie protéique.

de recyclage serait beaucoup plus durable. Par exemple, les déchets organiques peuvent être valorisés par les insectes. Le dégraissage de la farine d'insectes riche en graisse fournit une source de MG supplémentaire et en même temps un aliment fourrager alternatif riche en protéines. Un article ultérieur portera sur ce thème.

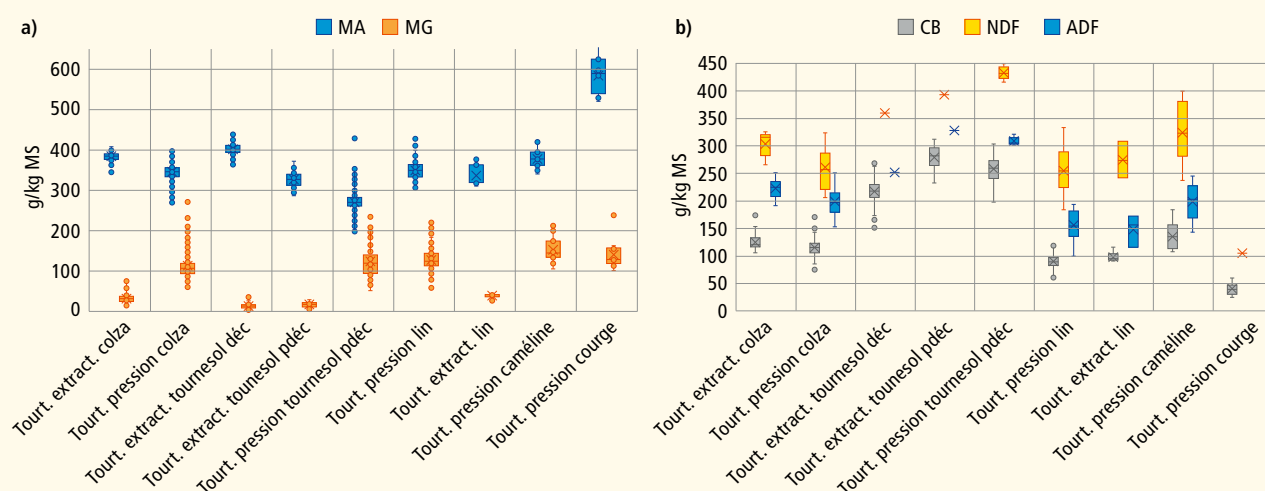


Figure 2 | Nutriments de base a) et teneur en fibres b) (MA = matière azotée; MG = matière grasse; CB = cellulose brute; NDF = *Neutral Detergent Fibre*; ADF = *Acid Detergent Fibre*) de tourteaux d'extraction et de presse d'oléagineux indigènes (Tour. extract. = tourteau d'extraction; déc = décortiqué; pdéc = partiellement décortiqué).

Colza et tournesol: principaux oléagineux indigènes

Pas moins de 41 182 à 52 091 t de tourteaux de presse de colza et 5316 à 9288 t de tourteaux de presse de tournesol résultent de la production d'huile (swiss granum 2017). En plus, près de 60 000 t de tourteaux d'extraction/de presse de colza et environ 18 000 t de tourteaux d'extraction/de presse de tournesol sont importées des pays voisins. La mauvaise image dont souffraient l'huile de colza et ses sous-produits autrefois a été améliorée par des variétés 00 à faible teneur en acide érucique et en glucosinolates. Depuis 2008, les variétés dites HOLL sont utilisées pour la production d'une huile à frire, ce qui contribue à l'extension des surfaces cultivées en colza. Une expansion de la production suisse n'est pas possible à volonté, la production d'oléagineux étant liée à des accords-cadre, elle dépend des ventes intérieures d'huile. Pour le tournesol, seuls 70 % de l'accord-cadre est rempli, le potentiel d'expansion est encore de 5000 t (Rapport agricole OFAG 2017). L'utilisation du colza pour le biodiesel en Suisse nécessite moins de 150 ha (Rapport agricole OFAG 2018). Le rendement en MA/ha pour le colza et le tournesol est modeste avec respectivement 640 et 350 kg. Une extension limitée de la surface n'augmenterait pas significativement l'apport domestique en protéines.

Colza et tournesol plus fibreux que le soja

La proportion plus élevée de coques des graines de colza et de tournesol par rapport au soja entraîne des teneurs en fibres ligneuses plus élevées dans les tourteaux d'extraction et de presse, supérieures à la fourchette idéale, et qui réduisent la digestibilité des nutriments et leurs valeurs énergétiques (tabl. 1). Dans le cas des sous-produits du tournesol, une distinction est faite entre les qualités décortiquée, partiellement décortiquée et non décortiquée. Seuls les tourteaux d'extraction de tournesol décortiqué atteignent une teneur en protéines suffisante de 400 g MA/kg MS, tandis que le tourteau de

presse de tournesol partiellement décortiqué tombe à 270 g MA/kg MS (fig. 2).

Les sous-produits du tournesol partiellement décortiqué ne conviennent à l'utilisation dans des concentrés protéiques que d'une façon restreinte. Avec en moyenne 382 g MA/kg MS, les tourteaux d'extraction de colza se rapprochent du seuil de 400 g MA/kg MS, tandis que le tourteau de presse de colza contient environ 40 g de MA en moins.

Tant le tourteau de presse de colza que celui de tournesol présentent une grande variabilité dans les teneurs en MA et en MG. Dans certains cas, les teneurs en MG dépassent 200 g/kg MS (fig. 2). L'indice IPI (paramètres de qualité de la MG dérivé de la teneur en MG et du profil d'acides gras) a un effet limitant sur les rations des porcs, en particulier dans le cas des variétés HO et HOLL (tabl. 1), qui ont une teneur plus élevée en acide oléique. L'indice IPI des produits de tournesol *high-oleic* a presque doublé.

Les teneurs en énergie dérivées varient en fonction de la teneur en fibres et en MG et sont inférieures aux teneurs des sous-produits du soja, surtout pour les sous-produits

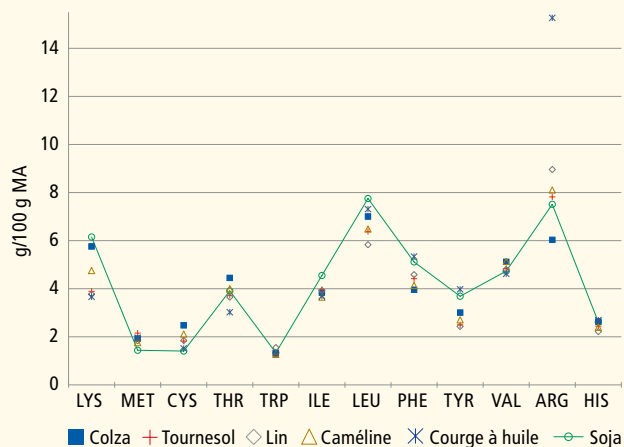


Figure 3 | Profil des acides aminés essentiels dans le tourteau d'extraction et de presse de colza, de tournesol, de lin, de caméline, de courge à huile et de soja.

Tableau 1 | Profil nutritionnel des sous-produits du colza et du tournesol.

Critères	Exigences idéales	Tourteau d'extraction de colza	Tourteau de presse de colza	Tournesol			
				Tourteau d'extraction décortiqué	Tourteau d'extraction part. décortiqué	Tourteau de presse part. décortiqué	
Profil nutritionnel	MA g/kg MS	> 400	382 (n=201)	345 (n=1013)	402 (n=569)	327 (n=71)	272 (n=509)
	MG g/kg MS	< 150	31,6	108 (fluctue)	19,5	23,0	124 (fluctue)
	CB g/kg MS	< 100	125	116	217	279	258
	ADF g/kg MS	< 140	223	199	259	326	318
	NDF g/kg MS	< 200	303	268	373	474	427
	LYS g/100 g MA	> 6,0	5,38	5,85	3,63	3,85	3,88
	MET g/100 g MA	> 1,4	1,88	1,92	2,27	1,71	2,2
	CYS g/100 g MA	> 1,4	2,34	2,60	1,76	1,89	1,81
	THR g/100 g MA	> 3,7	4,44	4,48	3,75	3,65	3,74
	TRP g/100 g MA	> 1,2	1,28	1,31	1,24	1,38	1,29
	g LysDi/MJ EDP	> 0,8	1,20	0,98	0,97	0,87	0,64
	g (Met+vCys)Di/MJ EDP	> 0,6	0,92	0,74	1,08	0,85	0,70
	g ThrDi/MJ EDP	> 0,6	0,92	0,70	0,98	0,81	0,60
	g TrpDi/MJ EDP	> 0,2	0,27	0,20	0,33	0,33	0,22
	IPI g/kg MS1)	< 15	9,26	35,26 (HOLL 45,9)	2,96 (HO 8,3)	4,33 (HO 9,1)	28,7 (HO 45,9)
	dMO% Bovin	> 80	75	75–78	79	64	65
	dMO% Porc	> 80	67–71	68,4–76	71	60	63
	dAMIS% Porc	> 80	73,3	73,1	81,6	79,6	79,1
NEL MJ/kg	> 7,0	6,1–7,6	7,1–9,3	6,05–6,8	4,7–5,2	6,3–7,7	
EDP MJ/kg	> 14,0	11,6–14,0	13,7–16,9	11,0–12,9	10,2–11,8	12,0–12,7	
EMVo MJ/kg	> 8,0	7,8–9,3	9,1–13,2	6,6–7,7	5,9–6,9	8,1–9,8	
ANF	Aucun	Glucosinolates dans variétés 00 < 25 mMol/kg					
Traitement des aliments	Si nécessaire			Décorticage			
Particularité	Sous-produits et déchets	Sous-produit de la production d'huile provenant de l'extraction ou du pressage					
		Variétés HOLL				Variétés HO	
Espèces cibles possibles	Tous les animaux de rente	Porcs, volaille, ruminants	Porcs soumis à des restrictions, volaille, ruminants	Porcs, volaille, ruminants	Porcs et volaille soumis à des restrictions, ruminants	Porcs et volaille soumis à des restrictions, ruminants	
Besoin en surface*	> 1000 kg MA/ha ou pas de terre cultivable	Graines de colza 3349 t/ha; 640 kg MA/ha ~ 640 kg MA/ha			Graines de tournesol 2 228 t/ha; 350 kg MA/ha ~ 350 kg MA/ha		
Production domestique*	> 20 000 t	Graines de colza 76 900–93 945 t; Tourteau de presse 41 182–52 091 t			Graines de tournesol 8641–13 007 t; Tourteau de presse 5316–9288 t		
Origine des importations	Europe	Europe					
Impact environnemental	Empreinte faible	Prairies aux abeilles, utilisation de pesticides, distances de transport courtes			Distances de transport courtes		
Concurrence avec l'alimentation humaine	Aucun	non					

*Moyenne 2010 - 2017 (swiss granum, Agristat USP) 1) IPI g/kg = $-0,3 * SFA + 0,457 * MUFA + 0,119 * PUFA$ (indice de MG).

du tournesol, dont la valeur NEL est inférieure à 7 MJ et celle de l'EDP inférieure à 13 MJ. Les sous-produits du tournesol partiellement décortiqué et non décortiqué sont une source de protéines trop pauvre en énergie pour les animaux monogastriques. Or, de nouveaux concentrés de protéines de tournesol disponibles sur le marché avec des teneurs en MA de 500 à 800g/kg MS et de très faibles teneurs en fibres ouvrent de toutes nouvelles possibilités pour ces animaux.

Si l'on considère la qualité des protéines (fig. 3), on observe que les teneurs en acides aminés soufrés (méthionine et cystine) dépassent, tant dans les sous-produits du colza que du tournesol, celles des protéines du soja. Cette particularité fait que les sous-produits du colza complètent dans les mélanges le déficit des légumineuses. Les protéines du colza ont globalement une bonne qualité protéique et répondent aux besoins des animaux exigeants, bien que les teneurs en acides aminés essentiels par 100g de MA dans le tourteau d'extraction de colza soient légèrement plus basses que dans le tourteau de presse (tabl. 1). Les acides aminés, cependant, sont di-

gérés en moyenne par dix unités de moins que dans les produits du soja. Dans une méta-analyse, Messad *et al.* (2016) ont montré que lorsque la teneur en NDF (fibres de la paroi cellulaire) augmente, la digestibilité iléale des acides aminés baisse. Dans les sous-produits du colza et du tournesol, on peut s'attendre à une digestibilité variable des acides aminés en raison de la variabilité des fractions fibreuses.

Avec 3,6 à 3,9g de lysine/100g MA, les sous-produits du tournesol ont une qualité protéique sous-optimale. Par MJ EDP, ce manque persiste dans le tourteau de presse de tournesol partiellement décortiqué, tandis que dans le tourteau d'extraction de tournesol, il y a suffisamment de lysine digestible (tabl. 1). Toutefois, les coefficients de digestibilité supposés des acides aminés devraient être vérifiés et mis à jour afin de quantifier l'influence des constituants pariétaux.

Dans les variétés modernes de colza 00, les glucosinolates ne sont plus un facteur limitant. Les importations en provenance d'Europe assurent des distances de transport relativement courtes. En tant que sous-produits,

les tourteaux d'extraction et de presse de colza et de tournesol ne sont pas en concurrence directe avec l'alimentation humaine.

Les produits de niche: lin, caméline, courge à huile

Les graines de lin, de caméline et de courge à huile sont des oléagineux aptes à la culture dans un climat tempéré. La surface cultivée de ces produits de niche en Suisse est modeste: 172 à 237 ha avec une production de 333 à 563 t de graines/an (swiss granum 2018). Environ 1200 t de tourteaux d'extraction et de presse de lin sont importés (Swiss-Impex 2018). La production domestique a donc encore un potentiel d'expansion. Il en va de même de la courge à huile, actuellement cultivée sur 61 ha dans des exploitations pionnières en Suisse orientale et dont l'huile est pressée par l'entreprise elle-même. Les graines de courge du type courge à huile (*Cucurbita pepo var styriaca*) sont une spécialité de la Styrie.

La caméline (*Camelina sativa*, Brassicaceae), peu exigeante et tolérante à la sécheresse et au froid, est adaptée à la culture sur des terrains arides. En Amérique du Nord, la culture de caméline pour la production de biodiesel se développe (Murphy 2011), tandis qu'en Europe du Nord et de l'Est de même qu'en Russie, l'utilisation de l'huile à des fins culinaires, cosmétiques, pharmaceutiques et industrielles est au premier plan (Dharavath *et al.* 2016). En raison de leur teneur élevée en acide linoléique (C18:3n-3), les graines et les sous-produits du lin et de la caméline ont suscité un intérêt comme aliment fourrager afin d'enrichir des produits d'origine animale en acides gras n-3 et de réduire les émissions de méthane (Münger *et al.* 2019).

Les graines de courge de Styrie sont génétiquement dépourvues de coques et sont donc particulièrement adaptées au pressage de l'huile. Les résidus de presse se caractérisent par une bonne digestibilité, une teneur très élevée en MA de plus de 550 g/kg MS, une faible teneur en fibres et donc des valeurs énergétiques élevées (fig. 2; tabl. 2). Ce profil nutritionnel rend le tourteau de presse de graines de courge intéressant non seulement pour tous les animaux de rente, mais aussi pour la consommation humaine. Dans des essais de digestion avec des rats, on a mesuré une digestibilité protéique de 83,1 % (Zdunczyk *et al.* 1999). Cette observation devrait être corroborée par les essais de digestibilité avec des animaux de rente. Le profil des acides aminés est sous-optimal en ce qui concerne la lysine et la thréonine, tandis que la méthionine et la cystine présentent des valeurs supérieures à la protéine de soja (fig. 3). À noter la très forte teneur en arginine. Par MJ EDP, les acides aminés essentiels, facilement digestibles selon l'état actuel des

connaissances, couvrent les besoins de toutes les catégories de porcs (tabl. 2). La teneur en MG varie considérablement et s'élève en moyenne à 140 g/kg MS. L'indice IPI qui en résulte a un effet restrictif sur les proportions dans les mélanges pour porcs à l'engrais. Le profil nutritionnel fait du tourteau de presse de graines de courge une source précieuse de protéines, qui pourrait être importée d'Autriche en quantités importantes.

La caméline se rapproche de l'objectif de 400 g MA/kg MS (fig. 2) et présente un profil d'acides aminés similaire à celui de la protéine de colza (fig. 3), dans lequel seule la lysine avec 4,76 g/100 g MA est présente de façon sous-optimale. La digestibilité comparativement faible de moins de 70 % des acides aminés s'explique par la présence d'inhibiteurs de la trypsine (Almeida *et al.* 2013; Kahindi *et al.* 2014), qui ne sont pas désactivés dans les tourteaux pressés à froid. Les acides aminés digestibles disponibles par MJ EDP ne répondent pas aux besoins des porcelets. Un traitement thermique améliore la valorisation des protéines. Cependant, Böhme et Flachowsky (2005) mentionnent une grande stabilité thermique des inhibiteurs de la protéase dans la caméline. Les fractions fibreuses contiennent de la lignine et sont donc plus difficiles à digérer. Il en résulte de faibles valeurs énergétiques, en particulier pour la volaille (tabl. 2). En raison de la baisse d'ingestion, des performances et de la digestibilité, la proportion dans les aliments mélangés pour la volaille ne devrait pas dépasser 10 % (Thacker et Widyaratne 2012).

Des problèmes d'acceptation des aliments et de croissance réduite ont également été observés chez les porcs à l'engrais (Böhme et Flachowsky 2005; Smit et Beltranena 2017). Ils sont dus, entre autres, au goût amer des glucosinolates, métabolites secondaires aux effets antithyroïdiens que l'on trouve généralement dans les plantes de *Brassica* et qui sont présents dans les tourteaux de presse de caméline à des concentrations de 25–45 mMol/kg (Woyengo *et al.* 2017), ce qui est supérieur aux sous-produits du colza 00. Dans l'essai de Smit et Beltranena (2017), le poids du foie a augmenté linéairement avec des proportions de caméline croissantes de 6 à 18 % dans les mélanges, ce qui indique une charge métabolique. L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA 2008) recommande de ne pas dépasser une teneur totale en glucosinolates (type colza) de 1–1,5 mMol/kg dans les rations destinées aux animaux monogastriques, ce qui ouvre un champ d'action pour la sélection. En raison de la teneur élevée en acide linoléique dans la MG de la caméline d'environ 30 %, l'indice d'iode dans la graisse des porcs à l'engrais a atteint une valeur de plus de 75 avec 15–18 % de tourteaux de presse de caméline

Tableau 2 | Profil nutritionnel des tourteaux d'extraction et de presse de lin, de caméline et de courge à huile.

Critères	Tourteau d'extraction de lin	Tourteau de presse de lin	Tourteau de presse de caméline	Tourteau de presse de courge à huile
MA g/kg MS	334 (n = 14)	350 (n = 130)	378 (n = 19)	581 (n = 10)
MG g/kg MS	38,5	127 (fluctue)	153 (fluctue)	143 (fluctue)
CB g/kg MS	98	90	134	41,3
ADF g/kg MS	135	159	198	?
NDF g/kg MS	250	240	316	110
LYS g/100 g MA	3,57	3,82	4,76	3,66
MET g/100 g MA	1,49	1,86	1,76	1,96
CYS g/100 g MA	1,79	1,90	2,11	1,52
THR g/100 g MA	3,57	3,66	4,00	3,02
TRP g/100 g MA	1,59	1,53	1,27	1,33
g LysDi/MJ EDP	0,82	0,81	0,73	0,93 ?
g (Met+vCys)Di/MJ EDP	0,83	0,82	0,62	0,88 ?
g ThDir/MJ EDP	0,74	0,73	0,51	0,76 ?
g TrpDi/MJ EDP	0,34	0,33	0,18	0,34 ?
IPI g/kg MS1)	6,2	15–26	22–37	16–40
dMO% Bovin	75–78	79	77,5 (?)	88,6 ?
dMO% Porc	74	73	75	83 ?
dAMIS% porc	75,4	75,8	63,7	80 ?
NEL MJ/kg	6,4–6,9	7,3–9,5	8,6	8,3–9,7
EDP MJ/kg	11,4–13,0	12,6–14,4	14,5–17,5	17,7–19,8
EMVo MJ/kg	8,2–8,9	11,5–14,1	7,5	?
ANF	Glycosides cyanogènes (précurseur de l'acide cyanhydrique), mucines (substances mucilagineuses)		Glucosinolates 20–45 mMol/kg, inhibiteurs de la trypsine acide érucique	Tanins, inhibiteurs de la trypsine
Traitement des aliments	Le traitement thermique empêche la libération d'acide cyanhydrique		Traitement thermique	Graines séchées, rôties avant pressage
Particularité	Sous-produit de la production d'huile provenant de l'extraction ou du pressage			
	Forte teneur en acide linoléique C18:3n-3, sensible à l'oxydation, résistant à la sécheresse, tolère le froid, peu exigeant			
Espèces cibles possibles	Porcs et volaille soumis à des restrictions, ruminants			Porcs, volaille, ruminants
Besoin en surface*	Graines de lin ~ 2,3 t/ha; ~ 500 kg MA/ha		Graines 1,5–3 t/ha; 250–700 kg MA/ha	Graines 700–1300 kg/ha; 260–300 kg MA/ha
Production domestique*	< 290 t de graines de lin (< 146 ha en 2017); < 170 t de tourteaux de presse de lin		< 150 t de semences	42–72 t de graines (61 ha en 2017) ~ 10 t de tourteau de presse
Origine des importations	Europe		Actuellement pas d'importations	
Impact environnemental	Convient aux cultures extensives			En qualité bio
Concurrence avec l'alimentation humaine	Non		Non	Oui

*Moyenne 2010–2016 (swiss granum, Agristat USP, FAOSTAT, BAES 2018).

dans la ration (Smit et Beltranena 2017). Dans les conditions de production suisses, ce chiffre ne correspond pas à la qualité de graisse requise pour les carcasses de porcs. De plus, la caméline contient 2 à 4 % d'acide érucique, ce qui réduit l'appétence. La teneur élevée en MG et l'indice IPI dérivé de la caméline limitent ainsi son utilisation dans l'alimentation des porcs à l'engrais à environ 10 %.

Les tourteaux d'extraction et de presse de lin sont comparables aux sous-produits du colza en ce qui concerne les teneurs en MA, en MG, en fibres et les valeurs énergétiques dérivées (fig. 2, tabl. 2). La teneur en MA varie entre 310 et 410 g/kg MS. Avec en moyenne 3,65 g de lysine/100 g MA, la protéine du lin ne répond pas au profil idéal d'exigences. Comme pour le tourteau d'extraction/de presse de colza, le profil d'acides aminés du tourteau d'extraction de lin est légèrement inférieur à celui du tourteau de presse de lin (tabl. 2). L'indice IPI des tourteaux de presse de lin restreint leur utilisation dans les aliments mélangés pour porcs. En outre, les glycosides cyanogènes présents dans les graines de lin, un précurseur de l'acide cyanhydrique, passent dans les sous-produits et en limitent l'utilisation. L'acide cyanhydrique libéré par voie enzymatique a un goût amer et, au-delà

de la plage de tolérance, a des effets toxiques pour tous les animaux de rente (Richter *et al.* 1998; Leterme *et al.* 2007; Petit 2010; Woyengo *et al.* 2017). L'EFSA (2007) fixe les limites pour l'acide cyanhydrique dans les aliments complets pour porcs à 50 mg/kg et pour la volaille à 10 mg/kg. La valeur maximale dans le tourteau de presse de lin est de 350 mg. Les enzymes nécessaires à la libération de l'acide cyanhydrique peuvent être largement inactivées par un traitement thermique des graines de lin avant l'extraction de l'huile ou le pressage. La prudence est donc de mise en cas de pressage à froid. En outre, les graines de lin et donc aussi les sous-produits du lin contiennent des mucines qui ont un effet laxatif et augmentent la viscosité intestinale, inhibant ainsi les processus digestifs. Chez la volaille, ces substances entraînent des excréments collants. Les proportions recommandées dans les mélanges sont inférieures à 5 % pour les poulets de chair et à 10 % pour les poules pondeuses (Feedipedia 2018). Globalement, le profil nutritionnel et les composants antinutritifs des sous-produits du lin limitent leur utilisation dans l'alimentation des animaux monogastriques à un maximum de 10 % de la ration.

Conclusions

- Le colza et le tournesol sont les graines oléagineuses indigènes les plus importantes. La quantité de tourteaux de presse d'oléagineux riches en protéines ne suffit pas à couvrir les besoins des animaux de rente en Suisse. La production domestique dépend des ventes d'huile et ne peut pas être développée à volonté. Il faut privilégier les importations d'origine européenne.
- Les protéines de colza et de tournesol sont riches en acides aminés soufrés (méthionine et cystine). La teneur en fibres plus élevée que celle du tourteau d'extraction de soja se traduit par une teneur énergétique plus faible dans les sous-produits du colza et du tournesol. Les produits du tournesol partiellement décortiqué et non décortiqué ne conviennent que dans une mesure limitée aux animaux monogastriques. En outre, il est nécessaire de vérifier la digestibilité des acides aminés.
- La teneur élevée et variable en MG résiduelle dans tous les tourteaux de presse d'oléagineux limite leur utilisation dans l'alimentation des porcs en raison de

- la qualité attendue de la graisse dans la carcasse. La coexistence de différentes qualités de MG avec les nouvelles variétés de colza (HOLL) et de tournesol (HO) nécessite une déclaration précise des matières premières.
- Parmi les produits de niche, le tourteau de presse de courge à huile se distingue par une teneur en MA supérieure à 550 g/kg MS, une faible teneur en fibres et une digestibilité élevée. La teneur en lysine et en thréonine par 100 g de MA est inférieure à celle des protéines de soja. La base de données devrait être complétée par des essais de digestibilité.
- Cultures peu exigeantes, le lin et la caméline conviennent à la culture extensive. Les composants antinutritifs contenus dans les sous-produits limitent leur utilisation chez les animaux monogastriques. Un traitement thermique permet d'inactiver une partie des composés nocifs.
- Les produits de niche peuvent contribuer à l'approvisionnement domestique en protéines. Mais une amélioration substantielle nécessiterait beaucoup de terres cultivables au détriment d'autres cultures en raison des faibles rendements en protéines.

Bibliographie

- Rapport agricole, 2017/18. Utilisation de la surface, Office fédéral de l'agriculture OFAG, Berne. Accès: www.agrarbericht.ch.
- Agristar, 2018. Statistiques et évaluations: Agents de production et environnement. Union suisse des paysans. Accès: <https://www.sbv-usp.ch/de/statistik/statistiken/produktionsmittel-umwelt/>. [15.11.2018].
- Almeida F. N., Htoo J. K., Thomson J., & Stein H. H., 2013. Amino acid digestibility in camelina products fed to growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* **93**, 335–343.
- BAES, Bundesamt für Ernährungssicherheit Österreich, 2018. Accès: <https://www.baes.gv.at>.
- Böhme H. & Flachowsky G., 2005. Zur Eignung von Leindotterpresskuchen als Futtermittel für Schweine, Wiederkäuer und Geflügel. *Landbauforschung Völkenrode* **55**, 157–162.
- Bracher A., 2019. Les légumineuses comme alternative aux protéines importées. *Recherche Agronomique Suisse* **10** (6), 180–189.
- Dharavath R. N., Singh S., Chaturvedi S. & Luqman S., 2016. Camelina sativa (L.) Crantz. A mercantile crop with speckled pharmacological activities. *Annals of Phytomedicine* **5** (2), 6–26.
- EFSA 2007. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on request from the commission related to cyanogenic compounds as undesirable substances in animal feed. *The EFSA Journal* **434**, 1–67.
- EFSA Scientific Committee, 2008. Glucosinolates as undesirable substances in animal feed. Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain. *The EFSA Journal* **590**, 1–76.
- Feedipedia, 2018. Animal feed resources information system. Accès: <https://www.feedipedia.org/>.
- Kahindi R. K., Woyengob T. A., Thacker P. A., & Nyachoti C. M., 2014. Energy and amino acid digestibility of camelina cake fed to growing pigs. *Anim. Feed. Sci. Techn.* **193**, 93–101
- Leterme P., Eastwood L., & Patience J., 2007. Flaxseed and Flaxseed Meal in Swine nutrition. *Proceedings of the Western Nutrition Conference*, Saskatoon, Canada, 241–252.
- Messad F., Létourneau-Montminy M-P., Charbonneau E., Sauvant D. & Guay F., 2016. Meta-analysis of the amino acid digestibility of oilseed meal in growing pigs. *Animal* **10**, 1635–1644.
- Murphy E. J., 2011. Versatile camelina: the future of biofuel and much more. *Inform* **22**, 601–608.
- Münger A., Eggerschwiler L., Silacci P. & Dohme-Meier F., 2019.
- Émissions de méthane des vaches laitières: influence des graines oléagineuses dans la ration. *Recherche Agronomique Suisse* **10** (2), 74–79.
- OECD/FAO, 2018. OECD-FAO Agricultural outlook 2018-2027. Chapter 4. Oilseeds and oilseed products, 127–138.
- Petit H. V., 2010. Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxseed. *Can. J. Anim. Sci.* **90**, 115–127.
- Richter G., Ochrimenko W. I., Rudolph B., Bargholz J. & Leiterer M., 1998. Untersuchungen zum Einsatz von Leinkuchen bei Kühen und Junghennen. *Arch. Geflügelk.* **62** (2), 89–95.
- Smit M., & Beltranena E., 2017. Increasing dietary inclusions of camelina cake fed to pigs from weaning to slaughter: Safety, growth performance, carcass traits, and n-3 enrichment of pork. *J. Anim. Sci.* **95**, 2952–2967.
- Swiss granum, 2017. Jahresberichte. Accès: www.swissgranum.ch.
- Swiss-Impex, 2018. Statistique du commerce extérieur, Administration fédérale des douanes. Accès: <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/index.xhtml>.
- Thacker P., & Widyaratne G., 2012. Effects of expeller pressed camelina meal and/or canola meal on digestibility, performance and fatty acid composition of broiler chickens fed wheat-soybean meal-based diets. *Archives of Animal Nutrition* **6**, 402–415.
- UFOP, Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V., Berlin, 2019. Accès: [https://www.ufop.de/biodiesel-und-co/biodiesel/grafik-der-woche/\[25.3.2019\]](https://www.ufop.de/biodiesel-und-co/biodiesel/grafik-der-woche/[25.3.2019]).
- USDA, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 2019. Oilseeds: World Markets and Trade. Accès: <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade> [26.3.2019].
- VSF, 2017. Rapport annuel. Accès: https://www.vsf-mills.ch/file/jahresberichte_pdf/18-04-17_JB17_d_v1.pdf [22.1.2019].
- Woyengoa T. A., Beltranena E. & Zijlstra R. T., 2017. Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. *Animal Feed Science and Technology* **233**, 76–86.
- Zdunczyk Z., Minakowski D., Frejnagel S. & Flis M., 1999. Comparative study of the chemical composition and nutritional value of pumpkin seed cake, soybean meal and casein. *Nahrung* **43** (6), 392–395.

Riassunto**Semi oleosi quale fonte di proteine alternativa ai foraggi proteici importati**

L'elevato contenuto proteico dei residui solidi d'estrazione e dei pannelli di pressatura dei semi oleosi fanno sì che questi siano fra i principali alimenti proteici utilizzati a livello mondiale per la produzione di mangimi composti per animali. In Svizzera la quota importata di questi sottoprodotti ammonta all'85%. La colza e il girasole sono i più importanti semi oleosi di produzione nazionale. La produzione indigena è vincolata dalle quantità di ritiro definite con contratto e pertanto vi è un limite potenziale per il suo sviluppo. In particolare nei sottoprodotti dei semi di girasole il contenuto di proteina grezza, di fibre e di energia differisce in maniera sostanziale dal profilo ideale a seconda della proporzione delle buccette. Le proteine della colza e del girasole sono, invece, una buona fonte di aminoacidi contenenti zolfo e, sotto questo aspetto, migliori rispetto alla proteina di soia. I sottoprodotti del girasole contengono troppa poca lisina rispetto a quanto richiesto da specie animali esigenti e le tipologie in commercio parzialmente sgusciate o non sgusciate non apportano sufficiente energia per gli animali monogastrici. Inoltre, le varietà ad alto contenuto di acido oleico (HO) aumentano eccessivamente l'indice di insaturazione del mangime che, quindi, non risulta adatto per l'ingrasso dei suini quando è importante la qualità del grasso degli animali. Tra i prodotti di limitata disponibilità, spicca il pannello di pressatura dei semi per la produzione dell'olio di zucca che presenta un contenuto di proteine grezze di oltre 550 g/kg SS e un'alta digeribilità delle sostanze nutritive, il che lo rende un alimento proteico molto versatile, benché la qualità delle proteine non sia perfettamente comparabile a quella della soia. L'elevato contenuto di grasso residuo ne limita l'utilizzo per i suini da ingrasso, il che in linea di massima è valido per tutti i pannelli di pressatura. Quali colture poco impegnative si prestano alla coltivazione estensiva il lino e la dorella. Il profilo delle sostanze nutritive e le componenti antinutrizionali dei sottoprodotti ne pregiudica l'utilizzo negli alimenti destinati ad animali monogastrici, aspetto che potrebbe essere migliorato tramite il trattamento termico. Considerata la scarsa produzione di proteina per ettaro delle coltivazioni locali di semi oleosi, troppe superfici arabili dovrebbero essere sottratte alle altre colture per poter aumentare significativamente la produzione nazionale di proteine.

Summary**Oil seed by-products as alternative protein sources for imported protein-rich feed**

The protein-rich, solvent-extracted meals and press cakes of oilseeds are among the most important protein sources used in compound feed worldwide. In Switzerland, 85% of oil seed by-products have to be imported. Rapeseed and sunflowers are the most important indigenous oilseeds. Domestic production is bound to contractually negotiated quantities and has thus limited expansion potential. Crude protein, fibre and energy content of especially sunflower by-products deviate, depending on hull proportion, substantially from the ideal profile. However, protein from rapeseed and sunflower is a good source for S-containing amino acids and in this respect superior to soy protein. Sunflower by-products are deficient in lysine for demanding animals and the partially dehulled and non-dehulled commercial grades contain too little energy for monogastric animals. In addition, the high oleic acid varieties cause high PUI indices, which is undesired in diets for fattening pigs for fat quality reasons. Among the minor oilseeds, the press cake of the oil pumpkin stands out with a crude protein content of over 550 g/kg DM together with a high nutrient digestibility, which makes it a multi-purpose protein source. However, the protein quality does not quite match the ideal profile. The high residual fat content will limit its use in diets for fattening pigs, which in principle applies to all press cakes. As hardy crops, linseed and camelina are well suited for low-input production systems. The nutrient profile and antinutritive compounds in the by-products limit their use in the feed of monogastric animals, which can be improved by thermal treatment. Due to low protein yield per ha of domestic oilseeds, too much arable land would be used at the expense of other crops to substantially increase the national protein supply.

Key words: oil seeds, by-products, self-sufficiency, feed protein, nutrient profile.