

Les cultures dérobées :

des fourrages de qualité nutritive intéressante

S. Herremans¹, A. Férard², U. Wyss³, G. Maxin⁴

1 : Centre wallon de Recherches Agronomiques, Département Productions et filières, Rue de Liroux 8, B-5030 Gembloux (Belgique) ; s.herremans@cra.wallonie.be

2 : ARVALIS-Institut du Végétal, station expérimentale de la Jaillière, F-44370 La Chapelle Saint Sauveur (France)

3 : Agroscope, CH-1725 Posieux (Suisse)

4 : Université Clermont Auvergne, INRA, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle (France) ; gaelle.maxin@inra.fr

Résumé

Au-delà de leurs avantages agronomiques et environnementaux, les cultures dérobées peuvent constituer une source de fourrage complémentaire, en particulier lors de pénuries de fourrages traditionnels. Cependant, l'information disponible quant à leur valeur nutritive est limitée. Plusieurs études ont été menées en France, en Suisse et en Belgique, portant sur la composition chimique et la valeur nutritive de ces cultures intermédiaires d'été. Deux essais, réalisés par Arvalis-Institut du Végétal et l'INRA sur plusieurs espèces utilisées en intercultures, ont observé une bonne valeur nutritive du fourrage frais (jusqu'à 1,13 UFL, 158 g PIDE et 225 g PDIN/kg MS), en particulier au stade végétatif. Une étude d'Agroscope a montré la possibilité de conserver correctement ces fourrages par voie humide, malgré leur faible taux de matière sèche et leur pouvoir tampon élevé dû à la présence de légumineuses. En Wallonie, un état des lieux de la qualité des ensilages d'intercultures de fermes présente des valeurs énergétiques encourageantes (en moyenne 0,76 UFL/kg MS) et des valeurs protéiques élevées (81 g PDIN et 102 g PDIE/kg MS). Par ailleurs, l'INRA a identifié des composés secondaires, dans plusieurs espèces utilisées en intercultures, pouvant améliorer la santé des ruminants, la qualité des produits ou encore réduire les rejets dommageables à l'environnement. L'ensemble de ces résultats démontre le potentiel des cultures dérobées en tant que fourrage d'appoint de qualité nutritive intéressante.

Introduction

Les cultures dérobées constituent des éléments intéressants dans les rotations pratiquées en zones de plaine car elles présentent de nombreux avantages agronomiques et environnementaux (DECOURTYE et BOUQUET, 2010 ; VERTES *et al.*, 2010 ; CORRE-HELLOU *et al.*, 2013). Ces cultures permettent notamment la réduction des apports d'intrants, la limitation des adventices ou le maintien de la biodiversité *via* l'attrait d'insectes pollinisateurs. De plus, la directive Nitrates, en vigueur depuis 1991 dans l'Union Européenne, impose la couverture des sols agricoles en zone vulnérable pendant la période d'intercultures. Les cultures dérobées peuvent en effet servir de pièges à nitrates et limiter la lixiviation de ces derniers (DE TOFFOLI *et al.*, 2013). Les cultures dérobées peuvent également constituer une source de fourrages complémentaires pour les éleveurs (DE TOFFOLI *et al.*, 2013 ; MESLIER *et al.*, 2014). Cependant, même si leur utilisation comme fourrage augmente ces dernières années, en particulier lors d'épisodes climatiques défavorables à la production fourragère, elle reste limitée.

Les cultures dérobées à vocation fourragère peuvent être pâturées, affouragées en vert ou conservées. Deux types de cultures dérobées se distinguent : les cultures dérobées semées en été puis récoltées avant l'hiver et les cultures dérobées semées avant l'hiver et récoltées au printemps. Etant par définition cultivées entre deux cultures principales, les périodes de semis, de croissance et de récolte ne sont pas forcément idéales. Selon les conditions pédoclimatiques, ces fourrages peuvent souffrir de la sécheresse, du froid, d'une période de croissance trop courte ou de conditions trop humides à la maturité. Ainsi, en Wallonie, la récolte des cultures dérobées d'hiver peut parfois être impossible avant le mois de mai et donc poser problème pour l'implantation de la culture suivante. En revanche, dans les régions telles que les Pays de la Loire, l'implantation des cultures dérobées d'été est difficile à cause du manque d'eau. Pourtant, le stade de récolte relativement précoce des cultures dérobées en général leur confère une qualité nutritive intéressante, souvent riche en protéines. En plus de constituer des fourrages de bonne qualité nutritive, les cultures dérobées pourraient également présenter d'autres avantages pour l'animal, le consommateur et l'environnement grâce à leur teneur en composés secondaires bioactifs (tanins, polyphénols solubles, vitamines...). Cependant, les références scientifiques concernant les cultures dérobées manquent, tant au niveau de leur valeur alimentaire qu'au niveau des composés secondaires potentiellement intéressants.

L'objectif de ce texte est de synthétiser les résultats de plusieurs études récentes décrivant la valeur nutritive en vert ou en conservé et les autres intérêts que peuvent présenter les cultures dérobées d'été.

1. Valeur nutritive en vert

Deux essais ont été réalisés récemment dans les stations expérimentales de l'INRA et d'Arvalis-Institut du Végétal afin d'évaluer la valeur nutritive en vert de certaines cultures dérobées utilisées comme couverts végétaux pendant les périodes d'intercultures estivales. L'essai réalisé à l'INRA (Site de Theix, MAXIN *et al.*, 2017) portait sur 6 espèces utilisées dans la pratique en cultures dérobées et récoltées à deux stades de végétation (végétatif et floraison), ces deux stades étant atteints à des dates différentes par les espèces. La luzerne a servi de référence. L'essai réalisé par Arvalis, décrit précédemment par MESLIER *et al.* (2014), comprenait 16 espèces provenant de différents sites, semées durant l'été en culture pure puis récoltées avant l'implantation d'une culture d'hiver. Pour les deux essais, la quantité de biomasse produite et la composition chimique des différentes espèces ont été mesurées. La dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen a également été mesurée par la méthode *in sacco*. Les données obtenues ont été utilisées pour calculer les valeurs d'énergie nette (UFL) et les valeurs protéiques (PDI) de ces cultures dérobées (INRA, 2007). Les rendements, la composition chimique et la valeur nutritive des espèces étudiées sont présentés dans le Tableau 1 pour l'essai INRA et dans le Tableau 2 pour l'essai Arvalis.

Les espèces étudiées dans les deux essais ont produit une quantité intéressante de biomasse : supérieure à 2,5 t MS/ha après plus de 70 jours d'implantation (correspondant à la destruction de la culture avant l'implantation de la culture d'hiver). Seul le rendement de la moutarde brune (*Brassica juncea*) était plus faible (1,3 t MS/ha). Ces rendements sont cohérents avec les valeurs rapportées dans des essais menés par plusieurs Chambres d'Agriculture.

La valeur nutritive des 6 espèces de l'essai INRA en termes de teneur en MAT (en moyenne, 189 g/kg MS au stade végétatif et 149 g/kg MS au stade floraison) et de digestibilité *in vitro* de la matière organique (en moyenne, 85,9% au stade végétatif et 76,4% au stade floraison) était élevée quel que soit le stade de végétation. Les légumineuses avaient cependant une teneur en MAT plus élevée que la phacélie (*Phacelia tanacetifolia*) et le sarrasin (*Fagopyrum esculentum*) aux deux stades. La valeur nutritive des espèces a varié avec le stade de végétation à la récolte : les teneurs en MAT et la digestibilité *in vitro* de la matière organique ont diminué alors que les teneurs en NDF et ADF ont augmenté. Ces changements sont communément observés avec l'avancée de la maturité des plantes. Cependant, ces changements étaient plus forts pour la phacélie et le sarrasin en comparaison des légumineuses. Ceci peut s'expliquer par une diminution plus importante de la proportion de feuilles pour la phacélie et le sarrasin comparé aux légumineuses (respectivement, - 55% pour la phacélie, - 58% pour le sarrasin *versus* - 15% en moyenne pour les légumineuses).

Les valeurs énergétiques estimées par la méthode INRA (2007) variaient de 1,13 à 1,00 UFL/kg MS au stade végétatif et de 1,02 à 0,87 UFL/kg MS au stade floraison. Ces valeurs sont supérieures ou égales à celles des *Tables INRA* (2007) pour la luzerne, le sainfoin et la vesce (à stades de développement équivalents) confirmant la bonne valeur nutritive de ces cultures. A l'exception de la

phacélie au stade floraison, les valeurs PDI estimées étaient élevées aux deux stades de récolte (en moyenne, 113 g PDIN/kg MS et 108 g PDIE/kg MS). La luzerne, le trèfle incarnat et la vesce présentent un déséquilibre entre la valeur PDIN et la valeur PDIE. L'utilisation de ces légumineuses dans des rations nécessite de rééquilibrer la ration grâce à d'autres fourrages et compléments pour améliorer l'efficacité globale de l'utilisation de l'azote. Les valeurs PDIE et PDIN sont plus équilibrées pour le sainfoin et le trèfle d'Alexandrie.

TABLEAU 1 – Composition chimique et valeur nutritive en frais des 7 espèces récoltées à 2 stades de végétation (essai INRA).

Espèce	Durée de culture (j)	Stade	Rendement (t MS/ha)	MAT	NDF	ADF	IVdMO (%) ⁽¹⁾	dTN (%) ⁽¹⁾	UFL (/kg MS) ⁽²⁾	PDIE	PDIN
										(g/kg MS)	(g/kg MS) ⁽²⁾
Luzerne	60	Végétatif	1,9	177	291	209	81,6	80,0	1,03	95	111
	81	Floraison	2,9	168	331	241	74,2	79,9	0,93	87	105
Phacélie	46	Végétatif	2,1	151	208	151	88,4	75,4	1,00	93	96
	67	Floraison	2,9	88	344	253	75,2	75,4	0,87	74	52
Sarrasin	39	Végétatif	0,8	187	203	145	91,0	69,2	1,03	120	127
	56	Floraison	3,1	126	326	236	78,2	60,5	0,94	107	87
Trèfle d'Alexandrie	67	Végétatif	3,6	192	371	228	81,9	65,3	1,03	127	135
	77	Floraison	4,4	153	355	248	76,9	73,4	0,98	97	99
Trèfle incarnat	60	Végétatif	1,7	199	263	169	87,0	74,6	1,08	113	132
	74	Floraison	4,8	166	374	252	73,8	75,3	0,91	94	107
Sainfoin	60	Végétatif	1,5	212	215	159	85,8	57,4	1,13	158	158
	77	Floraison	3,5	157	311	233	76,0	57,9	0,97	124	113
Vesce commune	53	Végétatif	1,6	202	276	195	85,8	73,2	1,07	118	135
	70	Floraison	5,2	187	301	215	80,7	77,2	1,02	103	120

1 : IVdMO : digestibilité *in vitro* de la matière organique mesurée en mini-fermenteurs ;

dTN : dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen, estimée par la méthode *in sacco*

2 : Calculés selon INRA (2007)

Les résultats obtenus dans l'essai Arvalis suggèrent également une bonne valeur nutritive des cultures dérobées. Les valeurs énergétiques estimées des couverts de cet essai variaient de 0,99 à 0,57 UFL/kg MS (Tableau 2). La moutarde blanche (*Sinapis alba*), la caméline (*Camelina sativa*) et le niger (*Guizotia abyssinica*) avaient les valeurs les plus faibles et les légumineuses, les valeurs les plus élevées. Les valeurs PDI estimées des fourrages étaient en moyenne de 78 g PDIE/kg MS et 107 g PDIN/kg MS avec cependant une variabilité en fonction des familles botaniques. La plupart des espèces présentent un fort déséquilibre entre la valeur PDIN et la valeur PDIE.

Peu de données sont publiées sur la valeur nutritive de ces espèces, en particulier lorsqu'elles sont cultivées en interculture. Néanmoins, elles confirment l'intérêt de ces espèces comme fourrages : crucifère (BARRY, 2013) ; phacélie (ATES *et al.*, 2010), sarrasin (AMELCHANKA *et al.*, 2010), trèfles (FULKERSON *et al.*, 2007 ; PEREIRA-CRESPO *et al.*, 2012). Des mesures d'ingestion, d'appétence et de digestibilité de ces fourrages sont, cependant, nécessaires afin d'établir des références. En l'absence de référence, il est conseillé de faire pratiquer une analyse de la composition chimique de ces fourrages pour estimer leur valeur nutritive. Selon les conditions pédoclimatiques, ces couverts peuvent être exploités par les bovins ou les ovins pour prolonger la saison de pâturage en fin d'été et automne. KÄLBER *et al.* (2011 et 2014) ont d'ailleurs montré le potentiel de la phacélie, du sarrasin et du trèfle d'Alexandrie associés au ray-grass comme fourrages pour des vaches laitières. Pour une utilisation tardive des cultures dérobées, les légumineuses seraient plus appropriées que les autres espèces d'un point de vue nutritionnel. Par ailleurs, les complémentarités des familles botaniques quant à leurs valeurs nutritives soulignent l'intérêt des mélanges d'espèces en intercultures.

TABLEAU 2 – Composition chimique et valeur nutritive des 16 espèces étudiées dans l'essai Arvalis.

Familles/Espèce	Durée de culture (j)	Stade	Rendement (t MS/ha)	MAT	NDF	ADF	dTN (%) ⁽¹⁾	UFL (/kg MS) ⁽²⁾	PDIE	PDIN
Graminées										
Avoine rude (site 1)	75	Gonflement	3,1	103	436	239	68,9	0,85	83	68
Avoine rude (site 2)	87	Deux nœuds	2,5	158	448	240	78,5	0,83	84	101
Millet perlé	77	Début épiaison	4,8	58	627	318	41,2	0,74	82	45
Moha	77	Epiaison	5,6	50	694	399	42,2	0,65	71	37
Légumineuses										
Lentille noirâtre	75	10 cm	3,0	202	299	208	77,8	0,82	92	131
Lentille fourragère	103	10 cm	2,3	253	290	202	77,2	0,89	113	170
Vesce commune	75	Elongation	2,7	337	246	177	84,3	0,99	123	225
Vesce pourpre	75	Elongation	4,1	184	313	247	85,2	0,85	92	165
Vesce velue	75	Elongation	3,0	280	285	206	84,8	0,83	96	181
Crucifères										
Caméline	75	Début floraison	2,6	114	509	390	79,3	0,63	59	68
Colza fourrager	75	Elongation	2,3	174	209	141	87,3	0,96	75	102
Moutarde blanche	75	Fin floraison	3,8	298	611	481	94,0	0,57	60	181
Moutarde brune	75	Végétatif	1,3	224	183	130	55,9	0,83	81	140
Radis chinois	75	Rosette	4,1	127	206	153	88,1	0,73	52	71
Radis fourrager (site 1)	87	Début floraison	2,3	178	219	177	83,7	0,83	75	108
Radis fourrager (site 2)	75	Floraison	3,7	99	288	214	84,6	0,78	58	55
Hydrophyllacées										
Phacélie	75	Elongation	3,3	86	294	202	80,6	0,80	61	49
Phacélie	87	Floraison	3,5	121	329	251	76,9	0,72	68	74
Composées										
Niger	53	Début floraison	2,8	114	509	390	79,3	0,63	59	68

1 : dTN : dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen, estimée par la méthode *in sacco*
2 : Calculé selon INRA (2007)

2. Valeur nutritive des fourrages conservés

Du fait des conditions pédoclimatiques de certaines régions, les fourrages d'intercultures ne peuvent pas toujours être pâturés et doivent alors être conservés par voie humide, avec ou sans préfanage. Afin d'estimer la valeur nutritive des ensilages de cultures dérobées d'été, un essai a été mené en 2015 à Changins (Vaud, Suisse) par l'Agroscope (WYSS et MOSIMANN, 2016). Cinq mélanges ont été cultivés pendant 69 jours et ensilés avec ou sans conservateur (Kofasil Plus, composé de nitrite de sodium et méthénamine, Addcon, Allemagne). Les fourrages comprenaient un mélange d'avoine, pois fourrager et vesce d'été (Mst 101) ; un autre de ray-grass, trèfles d'Alexandrie et de Perse (Mst 106) ; un autre d'avoine rude et trèfle d'Alexandrie ; un autre de sorgho et trèfle d'Alexandrie et un dernier de moha et trèfle d'Alexandrie. La composition chimique et la valeur nutritive des fourrages ont été déterminées avant et après 91 jours d'ensilage.

Les résultats à la récolte ont montré une faible teneur en matière sèche pour tous les mélanges (Tableau 3). Les teneurs en MAT étaient comprises entre 110 g/kg MS et 220 g/kg MS, les mélanges comportant plus de légumineuses présentant une teneur en MAT plus élevée. Les valeurs nutritives en vert étaient relativement élevées, avec une moyenne de 0,79 UFL/kg MS. Cependant, tous les mélanges ont été considérés comme difficiles à ensiler car leur coefficient de fermentation, calculé sur base de la MS, teneur en sucre et pouvoir tampon, était inférieur à 35, alors qu'un fourrage « facile à ensiler » présente un coefficient de fermentation supérieur à 45 (WEISSBACH et HONIG, 1996). En effet, les mélanges avaient un ratio sucres/protéines faible et un pouvoir tampon élevé. La valeur nutritive a diminué après ensilage : sans conservateur, les fourrages ont perdu en moyenne 11% d'UFL, 4% de PDIN et 30% de PDIE. Ainsi, le processus d'ensilage a surtout consommé les sucres des végétaux. L'ajout d'un conservateur a permis de limiter ces pertes à 3% pour les UFL et 26% pour les PDIE tandis que les PDIN ont augmenté de 4% après ensilage avec conservateur. Le conservateur a montré un

effet plus important sur les mélanges plus riches en légumineuses, présentant également un coefficient de fermentation plus faible.

Ces variations de la valeur nutritive liées au processus d'ensilage sont cohérentes avec celles observées pour des ensilages de référence. Les pertes en UFL étaient toutefois légèrement plus importantes pour les cultures dérobées conservées sans conservateur que pour un ensilage direct de ray-grass italien (+ 3%) ou de trèfle violet (- 2%) (INRA, 2007). En revanche, les pertes en PDIN et PDIE étaient comparables ou inférieures puisqu'un ray-grass perdrait 3% de PDIN et 32% de PDIE par ensilage direct sans conservateur et qu'un trèfle violet ensilé verrait sa valeur diminuer de 13% en PDIN et 35% en PDIE. Ainsi, les protéines présentes dans les cultures dérobées se conservent au moins aussi bien que celles d'un ray-grass italien ou d'un trèfle violet. Le conservateur a permis aux ensilages de cultures dérobées de se conserver comme un ensilage de trèfle violet en termes d'énergie.

TABLEAU 3 – Composition et valeur nutritive des cultures dérobées (adapté de WYSS et MOSIMANN, 2016).

	A la récolte						Conservé sans additif			Conservé avec additif					
	MS (%)	PL ²	MAT (g/kg MS)	Cendres	CB	CF ²	UFL (/kg MS)	PDIE ³ (g/kg MS)	PDIN ³ (g/kg MS)	UFL ³ (/kg MS)	PDIE ³ (g/kg MS)	PDIN ³ (g/kg MS)	UFL ³ (/kg MS)	PDIE ³ (g/kg MS)	PDIN ³ (g/kg MS)
Mst 101 ¹	17,7	0,55	196	99	285	26	0,82	105	131	0,66	65	112	0,79	75	134
Mst 106 ¹	17,1	0,55	220	122	211	25	0,90	112	147	0,82	76	138	0,86	79	153
Avoine rude +TA ¹	19,2	0,20	143	89	298	30	0,76	93	95	0,67	66	93	0,72	69	101
Sorgho+TA ¹	18,0	0,05	138	92	281	30	0,77	93	92	0,72	69	98	0,76	72	95
Moha+TA ¹	23,1	0,07	110	107	303	34	0,69	81	73	0,65	62	73	0,69	65	76

1 : Mst 101 : mélange d'avoine, pois fourrager et vesce d'été ; Mst 106 : mélange de ray-grass, trèfles d'Alexandrie et de Perse ; TA : trèfle d'Alexandrie
2 : PL : proportion de légumineuses, en poids frais à la récolte ; CF : coefficient de fermentation
3 : Calculé selon INRA (2007)

3. Valeurs observées en pratique : cas de la Wallonie

La valeur nutritive des fourrages conservés dépend de nombreux facteurs, incluant l'espèce semée, le stade de récolte et le mode de conservation. En ce qui concerne les cultures dérobées, le moment de récolte et/ou le mode de conservation peuvent être imposés par les contraintes météorologiques. Pour étudier la variabilité de la qualité des fourrages issus d'intercultures estivales en tenant compte de ces contraintes, le Centre wallon de Recherches agronomiques a réalisé un état des lieux d'ensilages de fermes de Wallonie, en termes de valeur nutritive et de qualité de conservation. Entre 2015 et 2017, 91 fourrages ont été analysés dans 52 fermes volontaires. Leur composition chimique a été déterminée par spectroscopie dans le proche infra-rouge (spectromètre XDS-system, FOSS, Hillerød, Danemark) et la valeur nutritive (UFL et PDI) en ont été déduites. Le pH a été mesuré sur l'extrait liquide (pH-mètre Hanna Instruments, Woonsocket, Rhode Island, USA). L'extrait liquide a également été utilisé pour le dosage de l'ammoniac (méthode Kjeldahl) et des acides lactique, acétique, propionique et butyrique (HPLC-UV).

Parmi les 91 fourrages analysés, plus de 40 associations différentes d'espèces ont été observées. Les mélanges comprenaient en général une graminée associée à une ou plusieurs légumineuse(s) (et/ou protéagineux). Les associations les plus représentées étaient le ray-grass - trèfle (11% des fourrages) et l'avoine-pois (8%). Seuls 5% des fourrages analysés contenaient uniquement des céréales, généralement de l'avoine en culture pure ou mélangée à d'autres céréales.

Les fourrages présentaient une teneur en matière sèche moyenne de $38,2 \pm 15,4\%$ (Tableau 4). Cependant, les valeurs variaient entre des extrêmes de 12 et 81%, ce qui illustre la diversité des modes de conservation allant de l'ensilage direct à la production de foin en passant par des ensilages à divers niveaux de préfanage. Etant donné la présence presque systématique de légumineuses et/ou protéagineux dans les mélanges fourragers, la teneur en MAT moyenne était élevée (157 g/kg MS). Les cendres totales étaient relativement importantes également (128 g/kg MS), liées aux conditions de récolte d'arrière-saison qui occasionnent potentiellement plus de terre dans les ensilages. La valeur nutritive moyenne est cohérente avec celle observée par WYSS et MOSIMANN (2016). Comparé à un

ensilage d'herbe de matière sèche comparable, la teneur en énergie nette des intercultures conservées était légèrement plus faible tandis que la teneur en protéines digestibles était supérieure grâce à la présence de légumineuses et/ou protéagineux. La variabilité entre échantillons était relativement élevée pour tous les paramètres, avec des coefficients de variation compris entre 12% pour la cellulose et 40% pour le taux de matière sèche.

L'étude comprenait plus de ballots enrubannés (n = 61) que de silos (n = 30), avec des matières sèches moyennes de $43,1 \pm 14,3\%$ et $28,6 \pm 12,5\%$ respectivement. La composition de ces fourrages conservés était proche, notamment en ce qui concerne les teneurs en MAT et en cellulose brute (Tableau 4). La valeur nutritive moyenne des ballots était légèrement supérieure à celle des silos, tant en termes d'énergie nette que de protéines digestibles. Les deux types de fourrages peuvent toutefois être considérés comme intéressants sur le plan nutritionnel, avec des caractéristiques tout à fait adaptées à l'alimentation des ruminants. La variation interannuelle de la matière sèche moyenne peut notamment être expliquée par les conditions climatiques déterminant l'intensité du préfanage mais aussi par une proportion de silos plus faible dans les échantillons analysés en 2016 (27%) par rapport à 2017 (33%) et 2015 (42%). Les ensilages de la première année montraient un taux de cendres légèrement plus élevé, probablement à cause de conditions pluvieuses à la récolte. La durée de culture a aussi été en moyenne plus longue cette année-là, suggérant une récolte plus tardive dans l'arrière-saison. En ce qui concerne la valeur nutritive, la variation interannuelle observée est relativement limitée. Pourtant, DE TOFFOLI *et al.* (2013) ont observé des variations élevées dans le développement des espèces d'intercultures d'une année à l'autre mais le nombre important d'espèces et de mélanges d'espèces dans le présent état des lieux a pu masquer cet effet.

TABLEAU 4 – Composition et valeur nutritive moyenne d'intercultures conservées en fermes de Wallonie.

	Moyenne	Ecart-type	Mode de conservation		Année de récolte		
			Silo	Ballot	2015	2016	2017
n (nombre d'échantillons)	91		30	61	19	30	42
Durée de culture (jours)	73	15	79	71	80	68	73
Durée de préfanage (jours)	2,5	1,5	1,8	2,9	2,9	2,2	1,8
MS (%)	38,2	15,4	28,6	43,1	32,5	43,0	37,3
MAT (g/kg MS)	157	38	154	159	164	148	161
Cendres (g/kg MS)	128	43	138	122	150	122	122
CB (g/kg MS)	281	34	280	281	274	292	277
UFL ¹ (/ kg MS)	0,76	0,11	0,73	0,78	0,75	0,74	0,78
PDIE ¹ (g/kg MS)	81,2	10,8	75,8	84,1	80,9	80,2	82,0
PDIN ¹ (g/kg MS)	102,0	24,1	98,6	104,1	105,3	96,6	104,3

1 : Calculées selon INRA (2007)

En ce qui concerne les paramètres de conservation, le pH des fourrages était plus élevé en ballot enrubanné qu'en silo (Tableau 5), ce qui concorde avec les taux de matière sèche plus élevés observés pour les ballots. Cependant, les deux types d'ensilage présentaient un pH supérieur aux valeurs conseillées pour leur matière sèche respective (DECRUYENAERE *et al.*, 2006). La proportion moyenne d'ammoniac était également élevée étant donné qu'elle dépasse la limite recommandée de 10% de l'azote total (DECRUYENAERE *et al.*, 2006). Les silos présentaient en moyenne un niveau d'ammoniac inférieur aux ballots, témoignant d'une protéolyse moins importante et d'une meilleure conservation des protéines. Les teneurs en acide lactique indiquaient une fermentation plus élevée dans les silos que dans les ballots. Le niveau d'acide lactique généralement recommandé se situant entre 40 et 80 g/kg MS, les silos étaient globalement de bonne qualité (INRA, 2007). Les ballots ont quant à eux relativement peu fermenté avec une quantité d'acide lactique moyenne inférieure à 25 g/kg MS. Cette moyenne a été affectée par la présence de fourrages très secs. En effet, un quart des ballots dépassait 55% de matière sèche et présentait en moyenne moins de 10 g/kg MS d'acide lactique du fait de la très faible fermentation. Les fourrages plus secs occasionnant une pression osmotique plus élevée, ils peuvent être bien conservés malgré des teneurs en acide lactique faibles. En ne tenant compte que des ballots sous les 50% de MS, la teneur en acide lactique moyenne était de 33 g/kg MS, ce qui reste faible mais se rapproche des valeurs recommandées. Par ailleurs, environ 10% des ensilages analysés

présentaient plus de 5 g/kg MS d'acide butyrique et pourraient donc être considérés de qualité médiocre (INRA, 2007). A une exception près, tous ces fourrages étaient sous forme de ballots. Cette fermentation butyrique peut être causée par la présence probable de terre dans le fourrage, suite à une récolte ou un préfanage sur un sol mouillé. Parmi tous les ensilages analysés, seul un silo dépassait le seuil de 40 g/kg MS d'acide acétique ; tous les autres pouvaient être considérés de bonne qualité pour ce paramètre.

TABLEAU 5 – Paramètres de conservation moyens d'intercultures conservées en fermes de Wallonie.

	Moyenne	Ecart-type	Mode de conservation	
			Silo	Ballot
pH	5,4	0,9	4,9	5,6
NH ₃ (g NH ₃ /kg N)	123	80	96	132
Acide lactique (g/kg MS)	36	32	65	24
Acide acétique (g/kg MS)	12	10	22	8
Acide propionique (g/kg MS)	4	5	6	3
Acide butyrique (g/kg MS)	2	2	2	2

Il ressort de cet état des lieux wallon que les fourrages issus d'intercultures présentent généralement une qualité nutritive intéressante pour l'alimentation des ruminants, avec des valeurs protéiques supérieures à celles d'un ensilage de ray-grass traditionnel. La conservation n'est cependant pas aisée, le pH étant généralement trop haut et la teneur en ammoniac élevée. Ces difficultés de conservation sont notamment liées à la présence de légumineuses et/ou protéagineux augmentant le pouvoir tampon du fourrage. L'abaissement du pH par les fermentations en est réduit et la protéolyse n'est, dès lors, pas limitée. La plupart des paramètres étudiés montrait des coefficients de variation importants, traduisant de grandes différences en termes de qualité des fourrages étudiés. La grande diversité d'associations d'espèces observée pourrait expliquer en partie cette variabilité.

4. Autres valeurs des cultures dérobées (santé, environnement)

Les enjeux actuels font que l'alimentation des ruminants ne peut plus être raisonnée uniquement comme la satisfaction des besoins nutritionnels pour maximiser les objectifs de production. Ils amènent à vouloir tenir compte d'autres critères pour évaluer les aliments comme des critères en lien avec la santé animale, l'environnement ou la qualité des produits. Plusieurs des espèces utilisées en cultures dérobées contiennent des composés secondaires (tanins, polyphénols, caroténoïdes...) susceptibles d'améliorer les performances et la santé des ruminants, de limiter les rejets d'azote et de méthane ou d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits animaux. Ainsi le trèfle incarnat et le trèfle d'Alexandrie seraient non météorisants (SIMS *et al.*, 1991). Comparé au ray-grass, le sarrasin a diminué la production de méthane *in vitro* (LEIBER *et al.*, 2012). D'autre part, KÄLBER *et al.* (2011) ont observé une augmentation des teneurs en acides gras d'intérêt et en composés phénoliques dans le lait lorsque des vaches recevaient des rations à base de trèfle d'Alexandrie, de sarrasin ou de phacélie. L'importance de ces effets varierait avec le stade de végétation car le type de composés secondaires et leur teneur évoluent entre autres avec la maturité des plantes.

Les intérêts des 7 espèces de l'essai INRA pour la santé des ruminants (test de susceptibilité à la météorisation), les rejets (production de méthane et d'ammoniac *in vitro*) et la qualité des produits (teneurs en caroténoïdes, polyphénols, tanins) ont été mesurés. Les résultats obtenus confirment les intérêts de certaines espèces utilisées en cultures dérobées au-delà de leur valeur nutritive.

En effet, comparé à la luzerne, la production de méthane *in vitro* était plus faible pour la phacélie, le sarrasin et le sainfoin (Tableau 6). L'effet antiméthanogène des tanins condensés a été démontré (JAYANEGARA *et al.*, 2012). Dans cet essai, le sainfoin et le sarrasin contenaient des tanins condensés, mais pas la phacélie, suggérant un effet potentiel d'autres composés secondaires comme les composés phénoliques sur la production de méthane. La production d'ammoniac, exprimée en g/kg d'azote total, était plus faible pour le sarrasin et le sainfoin comparé à la luzerne. Cet effet est probablement lié aux tanins condensés. En effet, ils forment des complexes avec les protéines, ce qui

réduit leur dégradabilité dans le rumen et donc la production d'ammoniac, puis l'azote urinaire (AUFRERE *et al.*, 2013). L'azote urinaire, plus rapidement converti en émissions gazeuses (NH₃ et NO) et pouvant contaminer directement l'eau du sol, est plus polluant que l'azote fécal.

TABLEAU 6 – Teneur en tanins condensés et en composés phénoliques solubles et production *in vitro* de méthane et d'ammoniac des 7 espèces étudiées dans l'essai INRA.

Espèce	Stade	CH ₄ (g/kg MS)	NH ₃ (g/kg N)	Tanins condensés (g/kg MS)	Composés phénoliques solubles (g/kg MS)
Luzerne	Végétatif	1,45	710	1,5	18,7
	Floraison	1,39	780	1,6	16,2
Phacélie	Végétatif	1,03	700	1,5	39,5
	Floraison	1,07	670	1,7	28,0
Sarrasin	Végétatif	1,31	480	14,8	65,9
	Floraison	1,19	160	14,5	56,0
Trèfle d'Alexandrie	Végétatif	1,23	700	2,0	31,5
	Floraison	1,24	720	1,9	26,0
Trèfle incarnat	Végétatif	1,42	650	1,9	29,6
	Floraison	1,28	700	2,6	19,3
Sainfoin	Végétatif	1,17	250	69,3	42,1
	Floraison	1,26	390	51,6	27,5
Vesce commune	Végétatif	1,47	670	1,6	23,1
	Floraison	1,41	790	2,5	16,5
<i>P value</i> (espèce)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<i>P value</i> (stade)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Les caroténoïdes, *via* leurs propriétés antioxydantes, ont des effets sur la santé des animaux et la qualité nutritionnelle des produits pour le consommateur. Ils peuvent aussi modifier les caractéristiques sensorielles des produits, directement en donnant une couleur jaune aux matières grasses et indirectement *via* leurs propriétés antioxydantes (NOZIERE *et al.*, 2006). Les teneurs en caroténoïdes totaux des 7 espèces de l'essai INRA variaient de 928 à 1 191 mg/kg MS au stade végétatif et de 401 à 1 116 mg/kg MS au stade floraison (MAXIN *et al.*, 2017). Ces résultats indiquent que ces espèces sont des sources intéressantes de caroténoïdes pour les ruminants, comparées à d'autres fourrages (NOZIERE *et al.*, 2006 ; GRAULET *et al.*, 2012). Les teneurs en caroténoïdes ont diminué pour toutes les espèces entre le stade végétatif et le stade floraison : les teneurs en caroténoïdes diminuent avec le stade de végétation du fait de la réduction du ratio feuille sur tige entre ces deux stades (NOZIERE *et al.*, 2006 ; GRAULET *et al.*, 2012). Cette diminution était importante pour la phacélie (- 56%), le sarrasin (- 65%) et le trèfle incarnat (- 47%) due à une plus forte diminution de la part de feuilles.

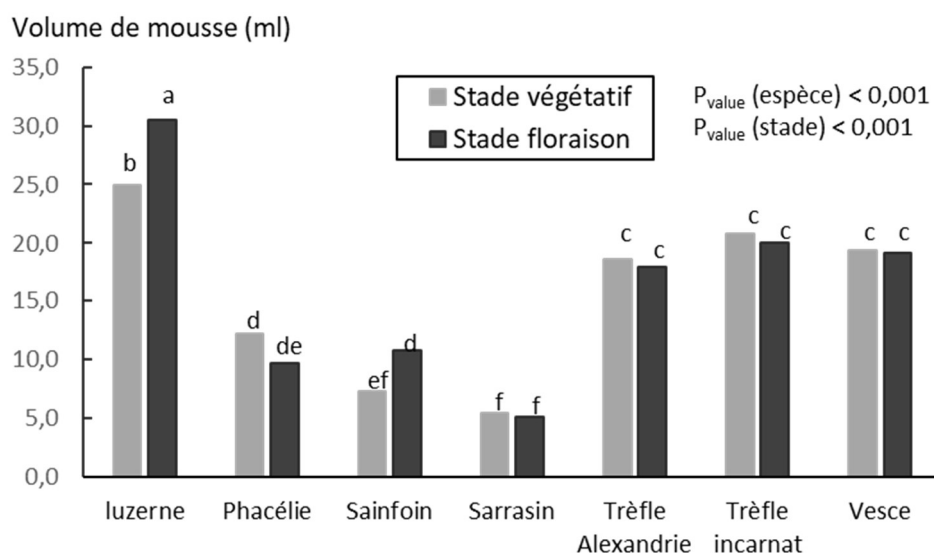


FIGURE 1 – Volume de mousse produit par les 7 espèces utilisées dans la pratique en cultures dérobées et récoltées à 2 stades de végétation (essai INRA). Des lettres différentes correspondent à des différences significatives au seuil P<0,05.

La susceptibilité à la météorisation évaluée *via* une mesure *in vitro* de production de mousse (JONKER *et al.*, 2012 ; SIMS *et al.*, 1991) était statistiquement plus faible pour toutes les espèces comparées à la luzerne (Figure 1). Ceci confirme le faible risque de météorisation du trèfle d'Alexandrie, du trèfle incarnat et des espèces riches en tanins condensés (SIMS *et al.*, 1991 ; MAYLAND *et al.*, 2007 ; WANG *et al.*, 2012).

L'ensemble de ces résultats confirme les intérêts autres que la valeur nutritive de certaines cultures dérobées, même si la biochimie et les modes d'action des composés secondaires responsables de ces effets ne sont pas complètement élucidés. Une utilisation accrue de ces plantes « multiservices », seules ou en mélange dans les rotations des systèmes d'élevage, est à considérer pour le développement de systèmes de production de ruminants durables et compétitifs (DUMONT *et al.*, 2013 ; LÜSHER *et al.*, 2014).

Conclusion

Les différentes études présentées mettent en avant le potentiel des cultures dérobées en tant que fourrage d'appoint. En effet, la valeur nutritive en frais de ces cultures est pour la plupart élevée. Des plantes telles que les trèfles incarnat et d'Alexandrie, le sarrasin ou le sainfoin atteignent des valeurs énergétiques et protéiques égales ou supérieures à la luzerne. A l'instar d'autres plantes, la valeur nutritive décline généralement avec le passage du stade végétatif au stade floraison. Il faut toutefois noter que le choix des espèces, tout comme celui d'une culture dérobée d'été ou d'hiver, doit tenir compte des conditions pédoclimatiques locales et ne peut être généralisé à l'échelle d'un ou plusieurs pays.

Certaines espèces peuvent être pâturées, en fonction des conditions pédoclimatiques. En cas de conservation des cultures dérobées, celle-ci se fait généralement par voie humide en raison des conditions météorologiques d'arrière-saison. Cependant, l'ensilage de ces fourrages n'est pas aisé en raison de leurs faibles teneurs en matière sèche et en sucres et de leur pouvoir tampon élevé lié à la forte teneur en protéines des légumineuses et/ou protéagineux. Dans de bonnes conditions de récolte et de conservation, la valeur nutritive, et surtout protéique, reste en moyenne élevée après ensilage. L'utilisation d'un conservateur a permis une meilleure conservation de la valeur nutritive, surtout pour les mélanges d'espèces comprenant des légumineuses.

Par ailleurs, certaines espèces peuvent offrir des intérêts en termes de santé animale, qualité du produit ou encore de diminution des rejets. Néanmoins, que ce soit en vert ou conservées, les cultures dérobées fourragères présentent généralement un déséquilibre entre l'énergie et les protéines apportées aux ruminants. Ces fourrages d'appoint, au potentiel non négligeable, nécessitent donc d'être incorporés à la ration en tenant compte de cette particularité.

D'autres essais doivent être mis en place pour continuer à étudier les intérêts de ces espèces utilisées en cultures dérobées d'été ou d'hiver pour l'alimentation des ruminants. Des mesures d'ingestion, d'appétence et de digestibilité de ces fourrages sont notamment nécessaires afin d'établir des références. Enfin, les valeurs nutritives des intercultures documentées par cet article sont à mettre en relation avec les rendements et l'utilisation visée du fourrage afin d'appréhender le potentiel fourrager global de ces cultures.

Références bibliographiques

- AMELCHANKA S.L., KREUZER M., LEIBER F. (2010) : "Utility of buckwheat as feed: effects of forage and grain on in vitro ruminal fermentation and performance of dairy cows", *Animal Feed Science and Technology*, 155, 111-121.
- ATES E., COSKUNTUNA L., TEKELI A.S. (2010) : "Plant growth stage effects on the yield, feeding value and some morphological characters of the fiddleneck (*Phacelia tanacetifolia*)", *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44, 425-428.
- AUFRERE J., THEODORIDOU K., BAUMONT R. (2013) : "Valeur agronomique et alimentaire du sainfoin", *Fourrages*, 213, 63-75.
- BARRY, T.N. (2013) : "The feeding value of forage brassica plants for grazing ruminant livestock", *Animal Feed Science and Technology*, 181, 15-25.
- CORRE-HELLOU G., BEDOUSSAC L., BOUSSEAU D., CHAIGNE G., CHATAIGNIER C., CELETTE F., COHAN J.P., COUTARD J.P., EMILE J.C., FLORIOT M., FOISSY D., GUIBERT S., HEMPTINNE J.L., LE BRETON M., LECOMPTE C., MARCEAU C., MAZOUÉ F., MEROT E., METIVIER T., MORAND P., NAUDIN C., OMON B., PAMBOU I.,

- PELZER E., PRIEUR L., RAMBAUT G., TAUVEL O. (2013) : "Associations céréale-légumineuse multi-services", *Innovations Agronomiques*, 30, 41-57.
- DECOURTYE A., BOUQUET C. (2010) : "Une gestion des couverts herbacés favorable aux abeilles et à la faune de plaine", *Fourrages*, 202, 117-124.
- DECRUYENAERE V., AGNEESSENS R., TOUSSAINT B., ANCEAU C., GOFFAUX M-J., OGER R. (2006) : "Qualité du fourrage en Région Wallonne", *ASBL Requasud*, 32p.
- DE TOFFOLI M., DECAMPS C., LAMBERT R. (2013) : "Évaluation de la capacité de cultures intermédiaires à piéger l'azote et à produire un fourrage", *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17, 237-242.
- DUMONT B., FORTUN-LAMOTHE L., JOUVEN M., THOMAS M., TICHIT M. (2013) : "Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century", *Animal*, 7, 1028-1043.
- FULKERSON, W.J., NEAL J.S., CLARK C.F., HORADAGODA A., NANDRA K.S., BARCHIA I. (2007) : "Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: grasse and legumes", *Livestock Science*, 107, 253-264.
- GRAULET B., PIQUET M., DURIOT B., PRADEL P., HULIN S., CORNU A., PORTELLI J., MARTIN B., FARRUGGIA A. (2012) : "Variations des teneurs en micronutriments de l'herbe de prairies de moyenne montagne et transfert au lait", *Fourrages*, 209:59-68.
- INRA (2007) : "Alimentation des bovins, ovins et caprins", *Editions Quae*, 312p.
- JAYANEGARA, A., LEIBER F., KREUZER M. (2012) : "Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments", *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96, 365-375.
- JONKER A., GRUBER M.Y., WANG Y., COULMAN B.E., MCKINNON J.J., CHRISTENSEN D.A., YU P. (2012) : "Foam stability of leaves from anthocyanidin-accumulating Lc-alfalfa and relation to molecular structures detected by fourier-transformed infrared-vibration spectroscopy", *Grass and Forage Science*, 67, 369-381.
- KÄLBER, T., MEIER J.S., KREUZER M., LEIBER F. (2011) : "Flowering catch crops used as forage plants for dairy cows: influence on fatty acids and tocopherols", *Journal of dairy science*, 94, 1477-1489.
- KÄLBER, T., KREUZER M., LEIBER F. (2014) : "Milk fatty acid composition of dairy cows fed green whole-plant buckwheat, phacelia or chicory in their vegetative and reproductive stage", *Animal Feed Science and Technology*, 193:71-83.
- LEIBER F., KUNZ C., KREUZER M. (2012) : "Influence of different morphological parts of buckwheat and its major secondary metabolite rutin on rumen fermentation in vitro", *Czech Journal of Animal Science*, 57, 10-18.
- LÜSCHER A., MUELLER-HARVEY I., SOUSSANA J.F., REES R.M., PEYRAUD J.L. (2014) : "Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review", *Grass and Forage Science*, 69, 206-228.
- MAXIN G, LE MORVAN A, LAVERROUX S, GRAULET B. (2017) : "Nutritive composition, carotenoid, tocopherol and tannin contents of cover crops used as forage plants for ruminants". *12th FAO Mountain Cheese meeting, Padoue, Italy, 20-22/06/2017*.
- MAYLAND H.F., CHEEKE P.R., MAJAK W., GOFF J.P., (2007) : Forage-induced animal disorders. In: Barnes, R.F., Nelson, C.J., Moore, K.J., Collins, M. (Eds.), *Forages 6th ed., vol. II*. Blackwell Publ., Ames, IA, USA, pp. 687-691.
- MESLIER E., FERARD A., CROCQ G., PROTIN P.V., LABREUCHE J. (2014) : "Faire face à un déficit fourrager en valorisant des couverts végétaux de bonne valeur nutritive" *Fourrages*, 218, 181-184.
- NOZIÈRE P., GRAULET B., LUCAS A., MARTIN B., GROLIER P., DOREAU M. (2006) : "Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products", *Animal Feed Science and Technology*, 131, 418-450.
- PEREIRA-CRESPO, S., VALLADARES J., FLORES G., DIAZ N., FERNANDEZ-LORENZO B., RESCH C., GONZALEZ-ARRAEZ A., BANDE-CASTRO M.J., RODRIGUEZ-DIZ X., PINEIRO J. (2012) : "New annual legumes as winter crops for intensive forage rotations in Galicia. 2. Nutritive Value", *Options Méditerranéennes A*, 102, 251-254.
- SIMS J.R., SOLUM D.J., WESTCOTT M.P., JACKSON M.P., KUSHNAK G.D., WICHMAN D.M., WELTY L.E., BERG R.K., ECKHOFF J.L., STALLKNECHT G.F., GILBERTSON K.M. (1991) : "yield and bloat hazard of berseem clover and other forage legumes in Montana", *Montana AgResearch, Montana State Univ. Agric. exp. Station, Bozeman*, 4-10.
- VERTES F., JEUFFROY M.H., JUSTES E., THIEBEAU P., CORSON M. (2010) : "Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation", *Innovations Agronomiques*, 11, 25-44.
- WANG Y., MAJAK W., MCALLISTER T.A. (2012) : "Frothy bloat in ruminants: Cause, occurrence, and mitigation strategies", *Animal Feed Science and Technology*, 172, 103-114.
- WEISSBACH F., HONIG H. (1996) : "Über die Vorhersage und Steuerung des Gärungsverlaufs bei der Silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau", *Landbauforsch Völkenrode*, 46(1), 10-17.
- WYSS U., MOSIMANN E. (2016) : "Qualité des ensilages produits avec des cultures dérochées", *Recherche Agronomique Suisse*, 7, 436-441.