

Comportements de différents couverts végétaux dans un réseau d'essais *on farm*

Camille Amossé¹, Jacques Dugon², André Chassot², Nicolas Courtois³, Jean-Daniel Etter⁴, Amélie Fietier⁵, Kaspar Grünig⁶, Werner Henggartner⁷, Hans Ramseier⁸, Nicolas Rossier⁹, Wolfgang Sturny¹⁰, Raphaël Wittwer¹¹, André Zimmermann¹², Bernard Jeangros¹ et Raphaël Charles¹

¹Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1260 Nyon, Suisse, ²AGRIDEA, 1001 Lausanne, Suisse

³AgriGenève, 1217 Meyrin, Suisse; ⁴ProConseil, Prométerre, 1001 Lausanne, Suisse;

⁵Fondation Rurale Interjurassienne FRIJ, 2852 Courtételle, Suisse; ⁶INFORAMA, 3052 Zollikofen, Suisse

⁷Fachbereich Futterbau, Landwirtschaft Schule Strickhof, 8315 Lindau, Suisse

⁸Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse

⁹Institut agricole de l'Etat de Fribourg IAG, Centre de conseils agricoles, 1725 Posieux, Suisse

¹⁰Fachstelle Bodenschutz, Amt für Landwirtschaft und Natur, 3052 Zollikofen, Suisse

¹¹Agroscope, Institut des sciences en durabilité agronomique IDU, 8046 Zurich, Suisse

¹²Etat de Vaud, Service de l'agriculture SAGR, 1510 Moudon, Suisse

Renseignements: Jacques Dugon, e-mail: jacques.dugon@agridea.ch



Visite d'une parcelle d'essai de mélanges de couverts durant l'interculture 2014. L'expérimentation de ces mélanges dans le réseau s'est appuyée sur les résultats de l'étude présentée ci-dessous.

Introduction

Dans le cadre des prestations écologiques requises, les agriculteurs doivent couvrir les sols après une culture récoltée en été, soit par une nouvelle culture, soit par un engrais vert. L'objectif est la protection du sol vis-à-vis de l'érosion et des atteintes chimiques ou physiques

au sol. L'expression «engrais vert» fait référence à la notion de fertilité; or, ces engrais verts cumulent de nombreux autres avantages agronomiques et écologiques sous la terminologie de «couverts végétaux» (Hartwig et Ammon 2002; Destain *et al.* 2010; Scholberg *et al.* 2010; Collective 2013; Thomas 2013). En revanche, un couvert végétal n'a généralement pas de

valorisation économique directe, contrairement à une culture dérobée. Le chiffrage de cette valorisation est donc complexe car multifactoriel, diffus et sur le long-terme. Pour bénéficier au maximum de tous les avantages des couverts (protection contre l'érosion et les atteintes physiques et chimiques du sol, contrôle des adventices, recyclage des nutriments, amélioration de la structure du sol et de la biodiversité du champ cultivé), leur implantation doit être soignée au même titre qu'une culture de rente. La mise en place d'un couvert végétal peut donc s'avérer coûteuse (prix des semences, frais de mise en place).

Pour comprendre le fonctionnement des couverts végétaux les plus courants en Suisse, un réseau d'expérimentations en plein champ a été mis en place. Ce réseau a été animé et suivi par plusieurs organismes de recherche, de vulgarisation et d'enseignement (cf. liste des auteurs) dans le cadre d'un groupe d'intérêt «Couverts végétaux» porté par la Plateforme Grandes cultures Suisse (<http://www.pag-ch.ch>). Cette étude précise les relations entre le développement de différents couverts végétaux et les conditions agronomiques et pédo-climatiques des parcelles du réseau. L'objectif est de pouvoir proposer des espèces de couverts végétaux adaptées à des conditions précises d'exploitation, de sol et de climat.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'expérimentation s'est déroulée durant les intercultures 2011 à 2013 sur onze sites le long d'un axe Genève-Zurich et dans le Jura représentant un ensemble de 29 sites x années aux conditions pédo-climatiques variées (tabl. 1). Les couverts ont été cultivés en vue d'une interculture longue avant une culture de printemps selon différents itinéraires techniques (tabl. 2).

Les couverts testés (tabl. 3) représentaient une diversité de familles et de comportements. Toutes les espèces étaient considérées comme gélives. Les couverts ont été semés en bandes sans répétition ou en micro-parcelles répétées selon les sites.

Observations et mesures

Le suivi des couverts a consisté à noter visuellement la couverture du sol 10, 20, 30 et 40 jours après semis (JAS). Cette notation a aussi eu lieu en sortie d'hiver (1^{er} mars) sur les résidus des couverts ainsi que sur les adventices. Les couverts et les adventices ont été récoltés séparément pour une détermination de la biomasse aérienne fraîche à la date du premier gel de l'hiver ou au plus tard au 15 novembre.

Résumé ■ Pour mieux comprendre le comportement de couverts végétaux d'interculture en fonction des conditions environnementales, un réseau de parcelles expérimentales a été mis en place le long d'un axe Genève-Zurich et dans le Jura. Parmi les espèces étudiées, certaines présentent un comportement orienté vers une couverture rapide du sol à l'automne (par ex. la moutarde sarepta). D'autres produisent une biomasse aérienne importante (par ex. le tournesol). D'autres encore, peu performantes durant l'automne, assurent une bonne couverture du sol en fin d'hiver, tel que l'avoine rude. Une analyse multifactorielle a permis de préciser les relations entre les performances des différents couverts et les caractéristiques du milieu. Aucune espèce ne combine tous les avantages attendus tout au long de l'interculture, mais les mélanges d'espèces offrent les meilleures perspectives.



Tableau 1 | Caractéristiques pédologiques et climatiques des parcelles du réseau

Site	Année	Sol			10 jours avant semis			30 jours après semis			Premier gel ¹		
		Texture	Matière organique (%)	pH	ΣT ($^{\circ}C$, base 5)	ΣP (mm)	P-ETP (mm)	ΣT ($^{\circ}C$, base 5)	ΣP (mm)	P-ETP (mm)	ΣT ($^{\circ}C$, base 5)	ΣP (mm)	P-ETP (mm)
Aire-la-Ville	2011	La	2	8	167	29	-17	437	115	-5	1519	262	-86
	2012	L	2	6,5	153	16	-29	500	55	-73	1247	238	-30
	2013	La	2,2	6,5	202	114	67	500	78	-43	1139	396	164
Changins	2011		3,2	7,3	119	30	-1	464	93	-19	1174	232	-31
	2012	Al	2,5	7,3	175	8	-40	505	71	-48	986	227	18
	2013		2	7,4	200	103	57	466	53	-61	980	339	135
Aubonne	2012				146	3	-47				1013	345	94
	2013	nc	nc	nc	180	89	41	- ²	- ²	- ²	879	493	283
	2011				117	11	-26				912	136	-100
Pampigny	2012	nc	nc	nc	146	3	-47	- ²	- ²	- ²	1093	349	72
	2013				180	89	41				934	493	268
	2011	Sl	2,4	6,9	144	18	-21	407	53	-44	752	131	-44
Grange Verney	2012	L	3,2	7,6	150	5	-41	451	74	-45	842	306	101
	2013	Sl	2,5	7,5	147	25	-16	385	130	26	690	614	291
	2011	L	3,2	5,9	136	29	-15	437	94	-36	827	181	-67
Grangeneuve	2012	Ls	3,3	6,5	162	24	-19	419	115	32	764	299	171
	2013		3,5	7,8	150	29	-6	365	151	68	732	388	273
	2011		3,5	7,5	159	77	-5	418	222	25	697	536	26
Jura (Fregécourt)	2012	As		7,7	156	13	-36	435	98	-13	- ²	- ²	- ²
	2013		2,5		126	35	1	333	67	-6	557	172	62
	2011	Sl		7,7	146	18	-27	474	79	-56	780	186	-43
Zollikofen	2012	L	3,8	7	152	10	-43	369	106	12	596	247	96
	2013	Sl		6,6	144	10	-41	295	112	31	- ²	- ²	- ²
	2011				157	36	-1	392	219	133	1200	458	206
Reckenholz	2012	Ls	2,5	6,5	175	20	-16	453	235	152	956	564	409
	2013				187	72	26	371	118	16	725	335	161
	2011	La	5	7,7	157	36	-1	478	148	49	793	244	80
Lindau	2012	L		6,5	175	20	-16	504	263	176	940	563	411
	2013	La	4	7,2	187	72	26	462	148	21	856	454	247

Al = argilo-limoneux; As = argilo-sableux; L = limoneux; La = limono-argileux; Ls = limono-sableux; nc = non communiqué; P-ETP = bilan (précipitations - évapotranspiration); Sl = sablo-limoneux; ΣP = somme des précipitations; ΣT = somme de températures.

¹Premier gel compris entre 54 et 121 jours après semis selon les sites x années.

²Pas d'observation à cette date sur ce site x année.

Tableau 2 | Itinéraires techniques des couverts végétaux sur les différentes parcelles du réseau

Site	Année	Précédent	Date de semis	Travail du sol pré-semis	Intensité du travail du sol	Type de semis	Fertilisation azotée	Anti-limaces
Aire-la-Ville	2011	OH	1.07	–	aucun	direct	O	N
	2012	BH	18.07			O		
	2013		2.08			direct + roulage		N
Changins	2011	BH	29.07	labour + herse rotative	prof.	classique + roulage	O	O
	2012		31.07			classique	N	N
	2013	L	6.08					
Aubonne	2012	BH	26.07	herse à disques	inter.	volée	N	N
	2013		6.08	–	aucun	direct		
Pampigny	2011	BH	1.08	–	aucun	direct	nc	nc
	2012		2.07					
	2013		3.08					
GrangeVerney	2011	BH	18.08	herse à disques	inter.	volée + roulage	O	O
	2012		31.07	herse rotative	sup.	classique + roulage	N	
	2013	SH	15.08	cultivateur + herse rotative	inter.			
Grangeneuve	2011	BH	5.08	herse à disques + rotative	inter.	classique + roulage	N	O
	2012		4.08				O	
	2013		14.08					
Jura (Fregiécourt)	2011	BH	24.08	cultivateur + herse rotative	inter.	classique	N	O
Jura (Courcelon)	2012		1.08	pattes d'oie	sup.	volée	N	
	2013	TP	31.08			volée + roulage	O	O
Zollikofen	2011	BH	11.08	cultivateur	inter.	classique	N	N
	2012		17.08	cultivateur + herse à disques				O
	2013		23.08	cultivateur + herse rotative				volée
Reckenholz	2011	OH	12.07	–	aucun	direct	N/O	O
	2012		2.08	fraiseuse	sup.	classique	N/O	
	2013		15.08				N/O	
Lindau	2011	OP	18.08	herse à disques	inter.	volée ou classique ¹	N	N
	2012	BH	3.08	labour + herse rotative	prof.		O	
	2013		8.08				N	

BH = blé d'hiver; inter. = intermédiaire; L = luzerne; N = non; nc = non communiqué; O = oui; OH = orge d'hiver; OP = orge de printemps; prof. = profond; SH = seigle d'hiver; sup. = superficiel; TP = triticales de printemps.

¹En fonction de la taille de la graine.

Analyse des données

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel statistique R (R Core Team 2014). Les données de couverture du sol à 30 JAS et en sortie d'hiver et de biomasse aérienne des couverts et des adventices au premier gel ont été soumises à des analyses de variance (package R *nlme* [Pinheiro et al. 2014]).

Les taux de couverture de 10 à 40 JAS ont permis de modéliser les dynamiques de croissance des couverts (package R *drc* [Ritz et Streibig 2005]). Le temps néces-

saire pour atteindre 50 % de couverture ($T_{50\%}$) a été isolé comme indicateur de la vigueur des couverts à l'implantation.

La recherche de relations entre la couverture du sol par les couverts 30 JAS et leur biomasse fraîche aérienne au premier gel d'une part et les conditions pédo-climatiques (tabl. 1) et agronomiques (tabl. 2) des sites x années, d'autre part, a été réalisée grâce à la méthode d'analyse de redondance (package R *vegan* [Oksanen et al. 2013]). Cette méthode permet d'identifier les facteurs

Tableau 3 | Espèces pures et mélanges d'espèces testés comme couverts

a) Espèces pures		
Famille botanique	Nom français	Nom latin
Asteraceae	nyger	<i>Guizotia abyssinica</i> (L.f.) Cass.
	tournesol	<i>Helianthus annuus</i> L.
Brassicaceae	moutarde sarepta (ou brune)	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.
	caméline	<i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz
	radis chinois	<i>Raphanus sativus longipinnatus</i> L.H.Bailey
Fabaceae	gesse fourragère	<i>Lathyrus sativus</i> L.
	pois fourrager	<i>Pisum sativum arvense</i> (L.) Asch. & Gräbn.
	trèfle d'Alexandrie	<i>Trifolium alexandrinum</i> L.
	vesce commune	<i>Vicia sativa</i> L.
Hydrophyllaceae	phacélie	<i>Phacelia tanacetifolia</i> Bent.
Poaceae	avoine rude	<i>Avena strigosa</i> Schreb.
b) Mélanges		
Mix PAG: avoine rude, féverole (<i>Vicia faba</i> L.), phacélie, pois fourrager, radis chinois, tournesol, trèfle d'Alexandrie, vesce commune ¹		
Mix Phac.-TA: phacélie, trèfle d'Alexandrie		

¹Liste valable en 2012 et 2013. En 2011, le mélange comportait de la moutarde sarepta et de la lentille cultivée (*Lens culinaris* Medik.) à la place du tournesol et de la féverole.

explicatifs significatifs et recherche les meilleures corrélations entre les variables observées et des facteurs explicatifs multiples.

Résultats

Effets de l'année et du site

Les comportements des couverts sur l'ensemble des sites et années ont été très contrastés (fig. 1). A l'exception de Grangeneuve (couverture et biomasse), Aire-la-Ville (couverture) et Pampigny (biomasse), les résultats varient

fortement d'une année à l'autre pour un site donné. Grangeneuve (couverture et biomasse) et Changins (couverture) se caractérisent par une moindre variabilité intra-annuelle que les autres sites. Cela indique que les différents couverts ont présenté des performances plus homogènes les uns par rapport aux autres sur ces sites.

Effet du type de couvert

L'espèce la plus rapidement couvrante est la moutarde sarepta (fig. 2). Son $T_{50\%}$ moyen est de 21,9 jours. Les autres espèces qui couvrent le sol rapidement sont les

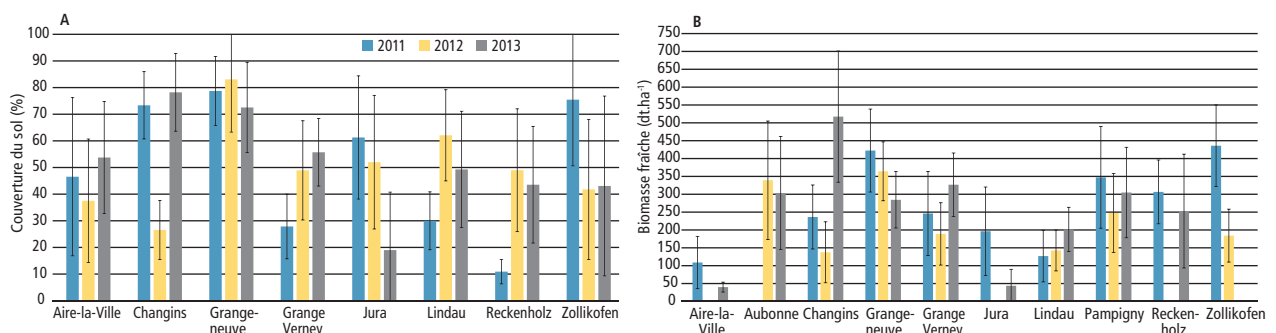


Figure 1 | (A) Couverture du sol (%) 30 jours après semis et (B) biomasse aérienne fraîche des couverts (dt ha⁻¹) au premier gel sur les différents sites et années en moyenne pour tous les couverts. Les observations de couverture n'ont pas été faites à cette date à Aubonne et Pampigny et celles de biomasse à Aubonne en 2011, Aire-la-Ville, Jura et Reckenholz en 2012 et Zollikofen en 2013. Les barres d'erreur représentent les écarts-types.

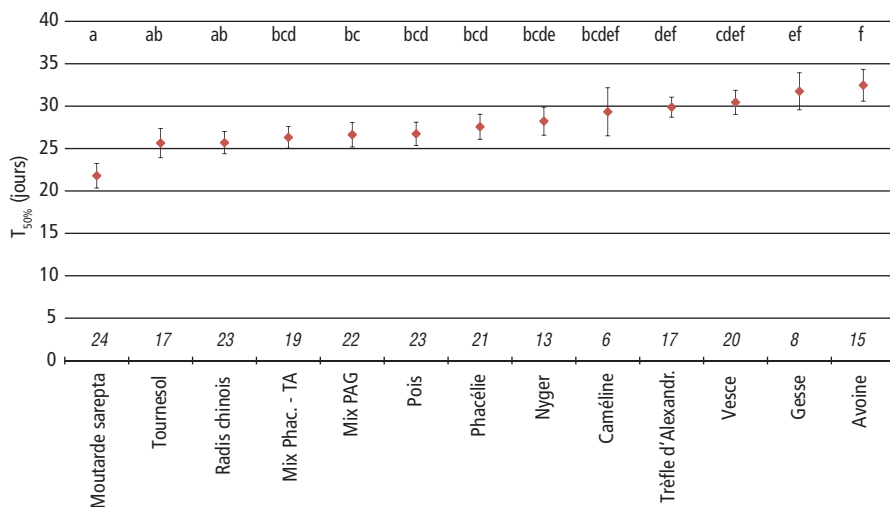


Figure 2 | Nombre de jours nécessaires aux différentes espèces/mélanges pour atteindre 50 % de couverture du sol ($T_{50\%}$). Les nombres en italique indiquent le nombre de combinaisons site x année pour lesquelles les données sont disponibles. Les barres représentent les erreurs standards de la moyenne. Les espèces/mélanges avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil $\alpha=5\%$.

deux mélanges, le radis chinois, le tournesol, le pois et la phacélie. Les espèces les plus lentes sont la vesce, le trèfle d'Alexandrie, la gesse et l'avoine rude.

Au bout de 30 JAS, les espèces les plus couvrantes restent les mêmes: moutarde sarepta, radis chinois, pois, tournesol et mélanges d'espèces (fig. 3). Les

espèces les moins couvrantes sont le trèfle d'Alexandrie, la gesse, la caméline et l'avoine.

En termes de biomasse aérienne, les mélanges, le tournesol et la phacélie montrent les biomasses les plus élevées (≥ 285 dt ha⁻¹ de matière fraîche). Les espèces les moins productives sont le trèfle d'Alexandrie, la gesse et

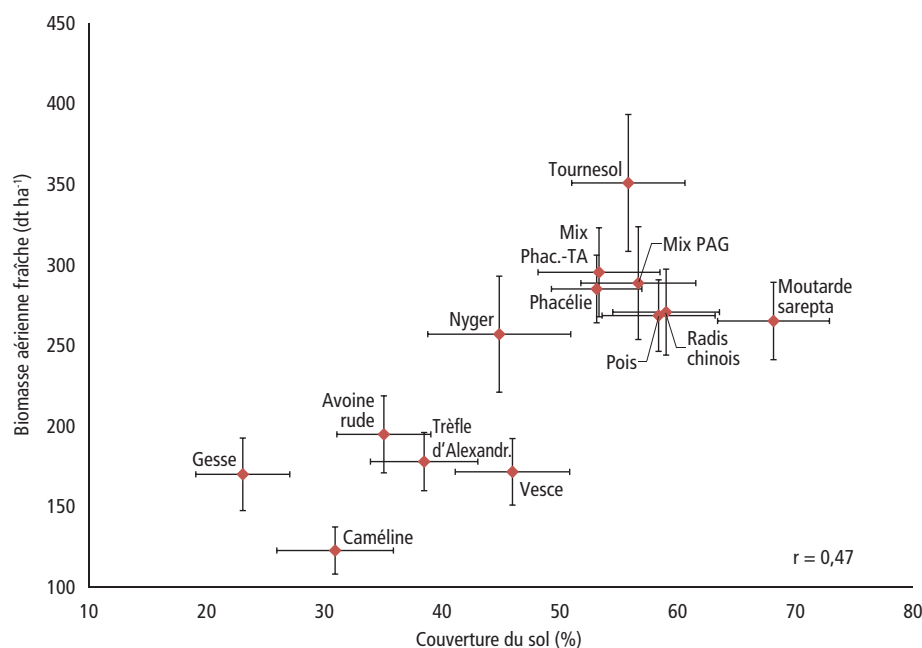


Figure 3 | Biomasse aérienne fraîche des espèces/mélanges (dt ha⁻¹) au premier gel en fonction de leur taux de couverture du sol (%) 30 jours après semis. Les barres représentent les erreurs standards de la moyenne. Entre 16 et 25 sites x années ont été utilisés pour chaque indicateur de chaque espèce pour calculer les moyennes.

Tableau 4 | Significativité de l'effet des facteurs environnementaux sur la couverture et la biomasse aérienne des espèces/mélanges à l'automne.

Facteurs significatifs	Facteurs non significatifs
• texture du sol	• matière organique du sol
• date de semis	• pH du sol
• travail du sol avant semis	• anti-limaces
• technique de semis	• fertilisation azotée
• bilan hydrique cumulé (P-ETP) 10 JaS	• roulage au semis
• somme de températures au premier gel	• somme de températures 10 JaS
	• bilan hydrique cumulé (P-ETP) au premier gel
	• somme de températures 30 JAS
	• bilan hydrique cumulé (P-ETP) 30 JAS

ETP = Evapotranspiration; JaS = Jours avant semis; JAS = Jours après semis, P = Précipitations.

la vesce ainsi que l'avoine et la caméline. La corrélation entre la couverture 30 JAS et la biomasse aérienne fraîche au premier gel pour tous les couverts sur l'ensemble des sites x années disponibles est positive ($r = 0,47$).

En sortie d'hiver, les résidus de pois sont les plus couvrants parmi les espèces testées (fig. 4). La vesce est aussi très couvrante ainsi que les mélanges d'espèces. Les résidus les moins couvrants sont ceux du nyger et du tourne-

sol, de la moutarde sarepta, du radis chinois et de la caméline. Aucune relation significative n'apparaît entre la couverture ou la biomasse aérienne des couverts en automne et la couverture des résidus en fin d'hiver.

Les couverts végétaux ont permis un contrôle significatif du développement des adventices en automne et en sortie d'hiver. Ce contrôle a été d'autant plus efficace que les couverts avaient une biomasse importante au premier gel ou une couverture du sol par les résidus élevée en sortie d'hiver (données non présentées).

Comportements des couverts selon l'environnement

L'analyse multifactorielle a identifié les facteurs significativement impliqués dans la couverture du sol par les couverts 30 JAS et leur biomasse aérienne au premier gel (tabl. 4). La bonne couverture du sol 30 JAS de la moutarde sarepta, du radis chinois, du pois, de la phacélie et des mélanges est positivement associée au travail du sol intermédiaire à profond (tabl. 2), à un bilan hydrique positif dix jours avant semis et à des sols limoneux (fig. 5). Les bonnes performances des espèces au profil «forte biomasse aérienne au premier gel» (tournesol et nyger) sont corrélées positivement aux sols à texture légère (sablo-limoneux ou limono-sableux) et au travail du sol de type intermédiaire. Les mauvaises performances de la vesce et de la caméline sont associées à des sols plus lourds (argilo-sableux à limono-argileux). Enfin, les mauvaises performances de la caméline,

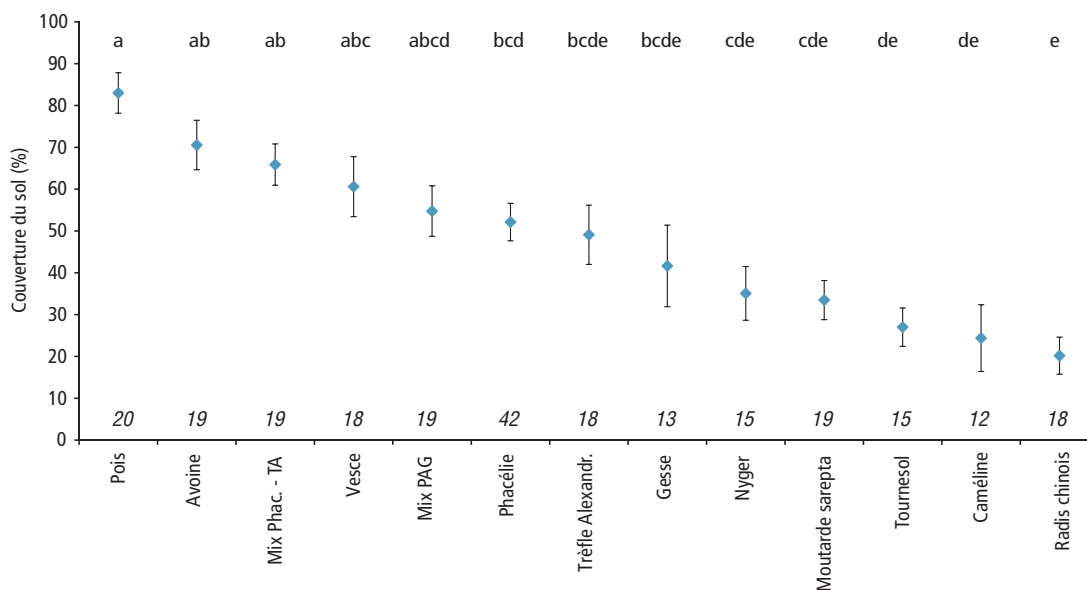


Figure 4 | Couverture du sol par les résidus des espèces et mélanges en sortie d'hiver (1^{er} mars). Les nombres en italique indiquent le nombre de combinaisons site x année pour lesquelles les données sont disponibles. Les barres représentent les erreurs standards de la moyenne. Les espèces/mélanges avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil $\alpha=5\%$.

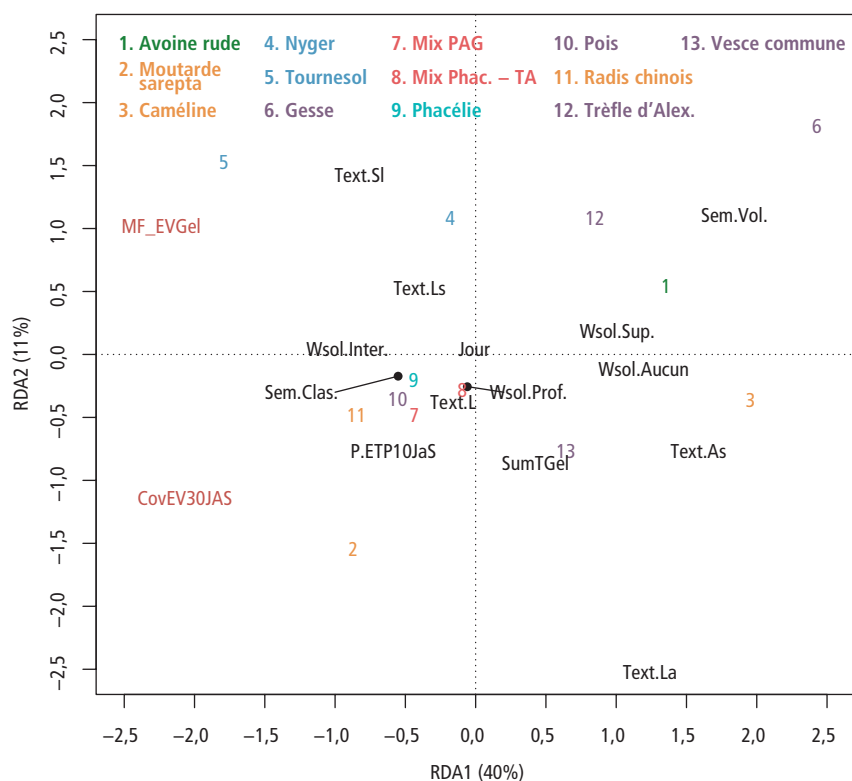


Figure 5 | Bi-plot de l'analyse de redondance (R^2 ajusté = 48 %) des performances de 13 espèces/mélanges et six variables agronomiques et pédoclimatiques (17 combinaisons site x année, $n = 216$ échantillons). L'angle entre deux variables par rapport à l'origine indique leur corrélation.

Abréviations:

Variabes expliquées: CovEV30JAS = couverture des couverts végétaux 30 jours après semis; MF_EVGel = biomasse aérienne fraîche des couverts végétaux au premier gel.

Variabes explicatives: Text. = texture du sol; As = argilo-sableux; L = limoneux; La = limono-argileux; Ls = limono-sableux; SI = sablo-limoneux; Wsol = travail du sol préalable au semis des couverts; Inter. = intermédiaire; Prof. = profond; Superf. = superficiel; Sem. = technique de semis; Clas. = classique; Vol. = volée; P.ETP10JaS = bilan (précipitations - évapotranspiration) cumulé dix jours avant le semis des couverts; Jour = date de semis des couverts; SumTGel = somme de températures (base 5 °C) du semis au premier gel.

de l'avoine, de la gesse et du trèfle d'Alexandrie sont associées à une préparation du sol superficielle voire à une absence de travail du sol ainsi qu'au semis à la volée.

Discussion

Aucune espèce pure ne cumule l'ensemble des fonctionnalités attendues des couverts d'interculture (tabl. 5). On observe que les couverts les plus performants tout au long de la saison sont les mélanges d'espèces.

En effet, les mélanges d'espèces permettent de compenser les défauts des espèces pures face à des conditions environnementales changeantes. Cette étude permet d'estimer a priori la complémentarité des espèces testées. Par exemple, un mélange phacélie, moutarde sarepta et avoine devrait permettre de profiter de la couverture rapide et efficace du sol de la moutarde, de

la biomasse aérienne de la phacélie en automne et de la couverture par les résidus d'avoine en fin d'hiver. L'association d'espèces permet aussi d'exploiter différentes niches écologiques. Par exemple, la fixation symbiotique d'azote par les légumineuses leur donne un avantage sur les autres espèces dans les sols pauvres en azote.

Les couverts végétaux ont un effet au-delà de l'interculture sur la disponibilité des nutriments. Toutefois, cela dépend fortement du ratio carbone/azote (C/N) de leurs résidus. Ainsi, l'avoine rude, qui présente une forte couverture en sortie d'hiver risque de poser des problèmes de minéralisation si ses résidus sont enfouis. En effet, leur richesse en carbone entraîne une immobilisation de l'azote minéral du sol dans la biomasse microbienne au détriment de la culture suivante. Au contraire, les résidus de légumineuses ont généralement un rapport C/N faible et seront plus rapidement dégradés. ➤

Tableau 5 | Synthèse des comportements des différentes espèces/mélanges

Famille	Espèce	Vitesse d'implantation	Couverture automne	Biomasse aérienne automne	Couverture sortie hiver	Contrôle des adventives
Astéracées	nyger	–	+	+ à ++	–	–
	tournesol	++	+ à ++	++	–	–
Brassicacées	caméline	–	–	–	–	–
	moutarde sarepta	++	++	+ à ++	–	++
	radis chinois	++	++	+ à ++	–	+
Légumineuses	gesse	–	–	–	+	–
	pois	+	++	+ à ++	++	++
	trèfle d'Alexandrie	–	–	–	+	–
	vesce	–	+	–	++	+
Hydrophyllacée	phacélie	+	+ à ++	++	+	+
Poacée	avoine rude	–	–	–	++	++
Mélanges	PAG	++	++	++	+	+
	phacélie + trèfle d'Alexandrie	++	+ à ++	++	++	+

– = lent/e ou faible; + = moyen/ne; ++ = rapide ou fort/e

L'analyse multifactorielle est un outil intéressant dans le cas de situations variées comme ce fut le cas ici. Toutefois, elle ne permet d'expliquer qu'une partie de la variabilité observée. Les conclusions tirées sont à relativiser car les facteurs à notre disposition ne constituent qu'une partie des facteurs influençant les performances des couverts.

Conclusions

Le réseau d'essais en plein champ PAG-CH a permis l'étude à grande échelle de nombreux couverts végétaux d'interculture. Elle a permis de valider à nouveau l'intérêt des couverts végétaux en mettant à jour les

connaissances dans de nombreuses situations. Ce réseau de parcelles est un outil intéressant et puissant d'étude de pratiques agronomiques innovantes. Bien que nécessitant d'importants moyens humains, de tels réseaux sont à encourager institutionnellement et financièrement dans l'intérêt des agriculteurs suisses. ■

Remerciements

Les auteurs remercient Swisseed, UFA Semences, Otto Hauenstein Semences SA, Eric Schweizer AG et Samen STEFFEN AG qui ont soutenu financièrement la réalisation et la mise en valeur de ces essais.

Bibliographie

- Collective, 2013. Les cultures intermédiaires pour une production agricole durable. Éditions Quae, Versailles, France. 112 p.
- Destain J., Reuter V. & Goffart J., 2010. Les cultures intermédiaires pièges à nitrate (CIPAN) et engrais verts : protection de l'environnement et intérêt agronomique. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* **14**, 73–78.
- Hartwig N. L., Ammon, H. U., 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science* **50**, 688–699.
- Oksanen J., Blanchet F. G., Kindt R., Legendre P., Minchin P. F., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Stevens M. H. H. & Wagner H., 2013. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-10. Accès: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html> [3 septembre 2015].
- Pinheiro J., Bates D., DebRoy S. & Sarkar D., 2014. nlme: Linear and Non-linear Mixed Effects Models. R package version 3.1-117. Accès: <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.html> [3 septembre 2015].
- R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ritz, C., Streibig, J.C., 2005. Bioassay Analysis using R. *Journal of Statistical Software* **12** (5), 1–22.
- Scholberg J. M. S., Dogliotti S., Leoni C., Cherr C. M., Zotarelli L. & Rossing W. A. H., 2010. Cover crops for sustainable agrosystems in the Americas. In: Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming, Sustainable Agriculture Reviews (Ed. E. Lichtfouse). Springer Netherlands, 23–58.
- Thomas F. & Archambeaud M., 2013. Les couverts végétaux, gestion pratique de l'interculture, France Agricole, Paris, France. 306 p.

Riassunto**Comportamento di diverse colture intermedie in una rete di esperimenti *on-farm***

Al fine di comprendere meglio il comportamento di alcune colture intermedie in presenza di diverse condizioni ambientali è stata realizzata una rete di parcelle di sperimentazione lungo l'asse Ginevra-Zurigo e nel Giura. Alcune delle specie studiate sono riuscite a coprire rapidamente il suolo in autunno (p. es. senape indiana). Altre hanno prodotto una significativa biomassa di parti aeree delle piante (p. es. girasole). Altre ancora, meno performanti in autunno, si sono rivelate delle buone colture di copertura alla fine dell'inverno, come l'avena strigosa. Attraverso un'analisi multifattoriale è stato possibile studiare le relazioni tra le caratteristiche delle diverse colture intermedie e le condizioni ambientali. Si è così potuta determinare una correlazione positiva tra il grado di copertura del suolo in autunno, una lavorazione del suolo medio-bassa e il bilancio idrico dieci giorni prima della semina delle colture intermedie. La biomassa aerea al momento del primo gelo dipende in linea di principio dal tipo di suolo: i terreni più leggeri favoriscono la produzione di una maggiore biomassa. Nessuna delle specie riunisce tutte le caratteristiche auspiccate per l'intera coltura intermedia, tuttavia si rivelano molto promettenti le combinazioni di diverse specie.

Summary**Behavior of different cover crops in a network of *on-farm* trials**

A network of experimental fields in northern and western Switzerland was used to better understand the behavior of various cover crops in diversified environmental conditions. Several species were oriented towards soil cover in autumn (e.g. brown mustard). Others produced an important aerial biomass (e.g. sunflower). Some, with intermediate performance during autumn, had a good soil cover at the end of winter, as black oat for example. Multifactorial analysis allowed us to precise the relationship between cover crops performance and environmental and agronomical constraints. We identified positive correlations between soil covering in autumn and the sum of precipitations 10 days before sowing or intermediate tillage before cover crop sowing. Aerial biomass of cover crops at the time of the first frost was correlated with soil texture: lighter soils were more suitable for high aerial development. No species combined all the advantages expected from cover crops all along the fallow period but species mixtures offer the best opportunities.

Key words: green manure, multi-sites, species mixtures, crop residues.