



Labour et travail minimal du sol en bio

Rôle des couverts végétaux

Auch, 09.12.2016

Maurice Clerc (maurice.clerc@fibl.org www.bioactualites.ch)

Thèmes	Dia n°
Le labour	3
Le travail réduit	11
Le semis direct	28
Les couverts	41
Vue d'ensemble	65

Le labour

Le labour, potentiel et limites

(Leçons de l'essai de longue durée DOC)

- › **Si bien utilisé, contribue à une bonne maîtrise des adventices dans la rotation sans dégrader le sol:**
 - › Max. 25 cm
 - › En bonnes conditions
 - › Charrue onland
 - › Non systématique
 - › En complément au travail superficiel
 - › Rotation culturale avec prairies / couverts
 - › Avec fumures organiques de très haute qualité
- › **Limites: labour sur sol dégradé, appauvri en humus**
- › *Référence: essai de longue durée DOC, 1978 à aujourd'hui, Therwil (Bâle), FiBL et Agroscope*



Essai DOC



8 procédés
3 cultures
4 répétitions
96 parcelles à 100m²

N: témoin sans fumure
D: biologique-dynamique
O: biologique-organique
C: conventionnel (Depuis 1992:
PER = production intégrée)
M: minéral (depuis 1992: PER)

Deux niveaux de fumure:
1: fumure réduite
(0.7 UGBF/ha)
2: fumure normale
(1.4 UGBF/ha)

Essai DOC

- › **Rotation de 7 ans. Actuellement (2013-2019):**
 - › Maïs plante entière
 - › Soja
 - › Blé d'automne, puis engrais vert
 - › Pomme de terre
 - › Blé d'automne
 - › Prairie temporaire (durée 2 ans)
- › **Fumure: moins de NPK en D et O qu'en C et M**
 - › D: fumier composté et lisier
 - › O, C: fumier non composté et lisier
 - › C: fumier non composté, lisier et fumure minérale
 - › M: uniquement fumure minérale
- › **Travail du sol: labour classique systématique**
 - › (20 à 25 cm dans tous les procédés)
- › **Sol: mi-lourd, battant (15 % argile, 2.6 % MO)**

Essai DOC: structure du sol le 27.11.2002

Photos: A. Fliessbach 27.11. 2002

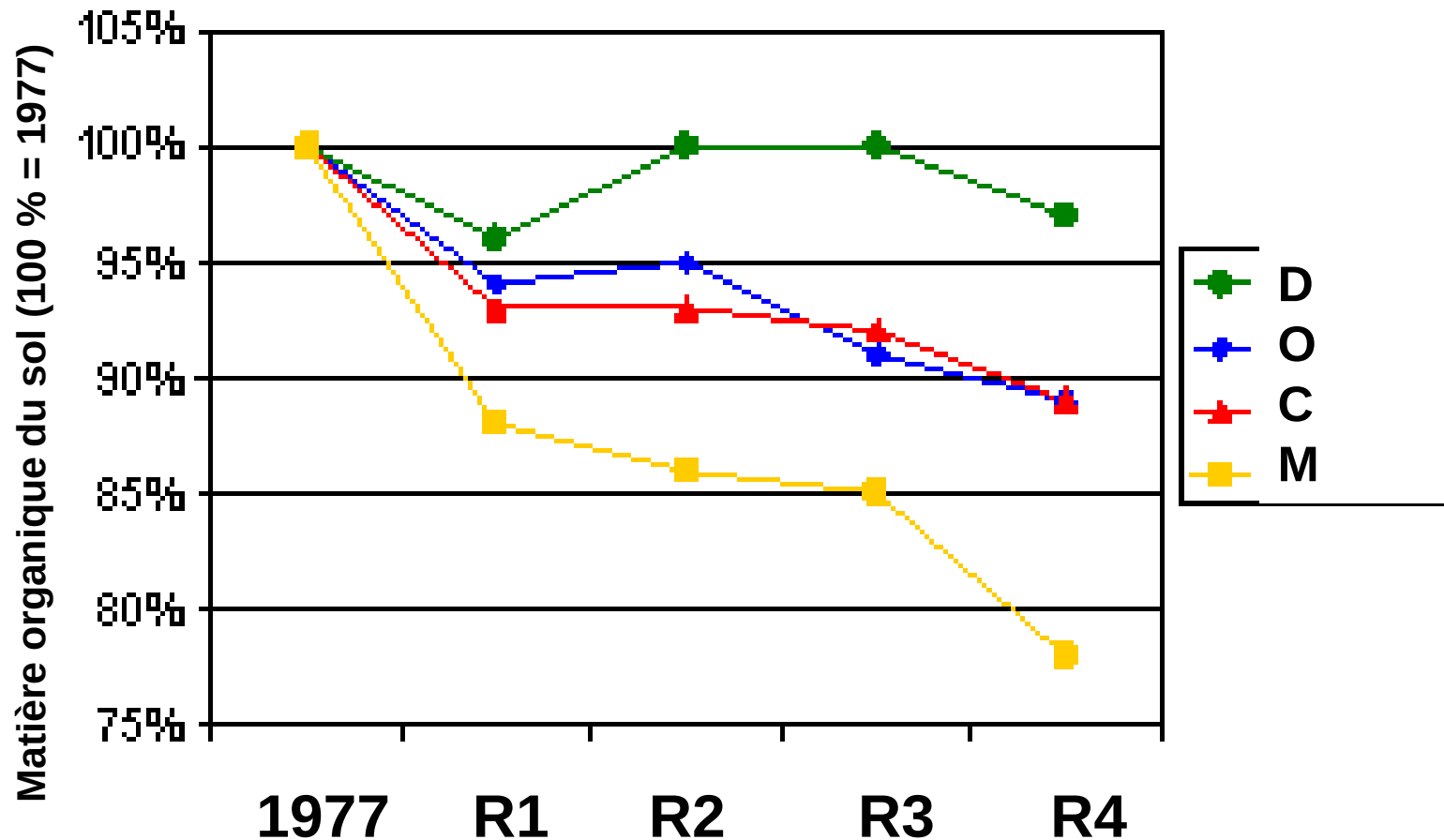


**Procédé M =
conventionnel avec
uniquement fumure
minérale: battance !**

**Procédé D =
biodyn: le sol a
bien résisté à
la pluie!**



Essai DOC: évolution de la matière organique



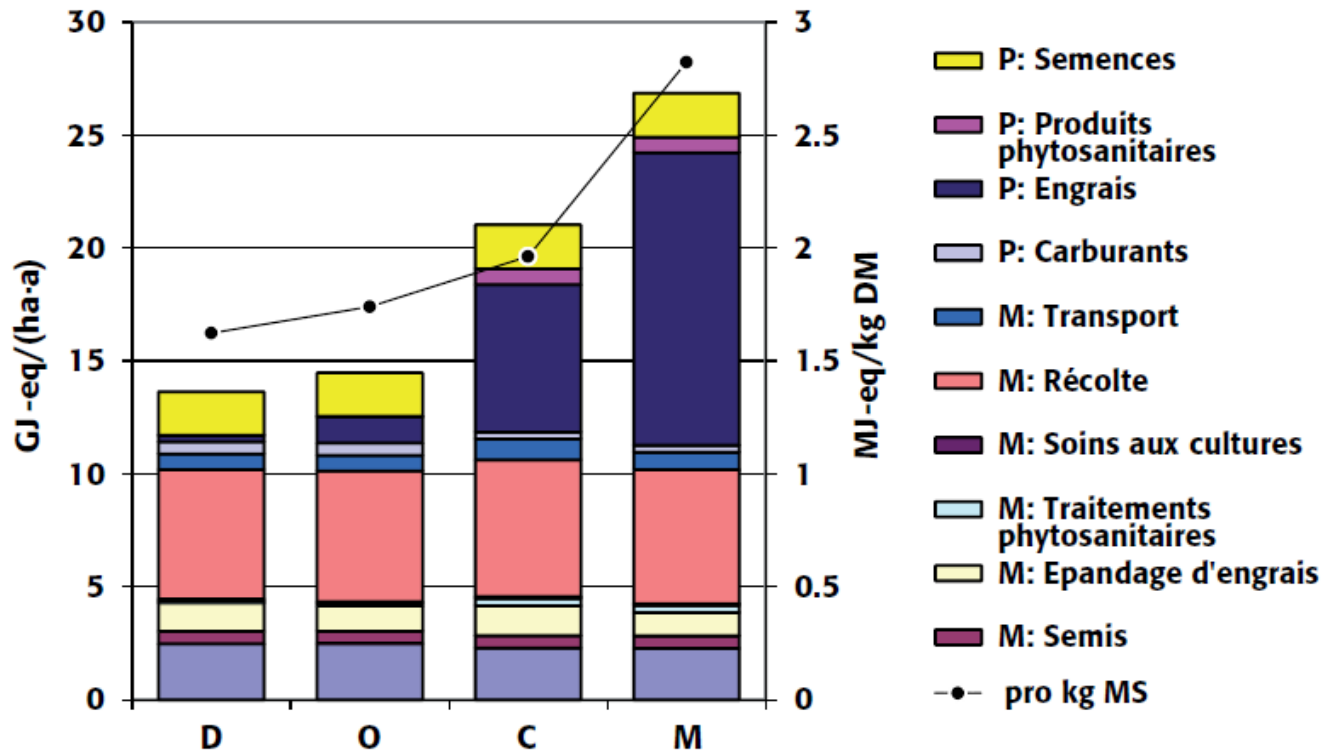
(R = rotation)

Essai DOC: évolution de la matière organique

- › Le procédé D2 (biodynamique, fumure de 1.4 UGBF/ha) est le seul qui a permis un maintien, voire même une légère augmentation du taux de matière organique!
- › Or ce procédé reçoit 15 % de moins de matière organique que les procédés O et C (car pertes plus élevées lors du compostage des engrais de ferme) !
- › Explication: lors du compostage, des humines sont formées. Elles sont très stables et contribuent à l'augmentation du taux de matière organique dans le sol.

Essai DOC: consommation d'énergie

(Nemecek et al, Agroscope, 2005)



Le travail réduit

Le travail réduit du sol

› Définition

- › Travail superficiel = à env. 10 cm
- › (*Pour comparaison: labour classique = à env. 25 cm*)
- › Avec sans retournement
- › A adapter en permanence (culture, conditions pédo-clim. ...)

› Suisse 2009-2016, rendements à la hausse

- › Ecart avec rendements en labour ont tendance à se combler
- › Raison: meilleure maîtrise technique, meilleure mécanisation

› Difficile sur sols dégradés et avec peu d'humus

- › Augmentation de la teneur en humus: possible avec le travail réduit (et non pas seulement avec le SD)

Teneur souhaitable en humus:

$\text{Argile \%} \times 0.17 = \text{matière organique \%}$

(Dexter, 2008, et autres auteurs)

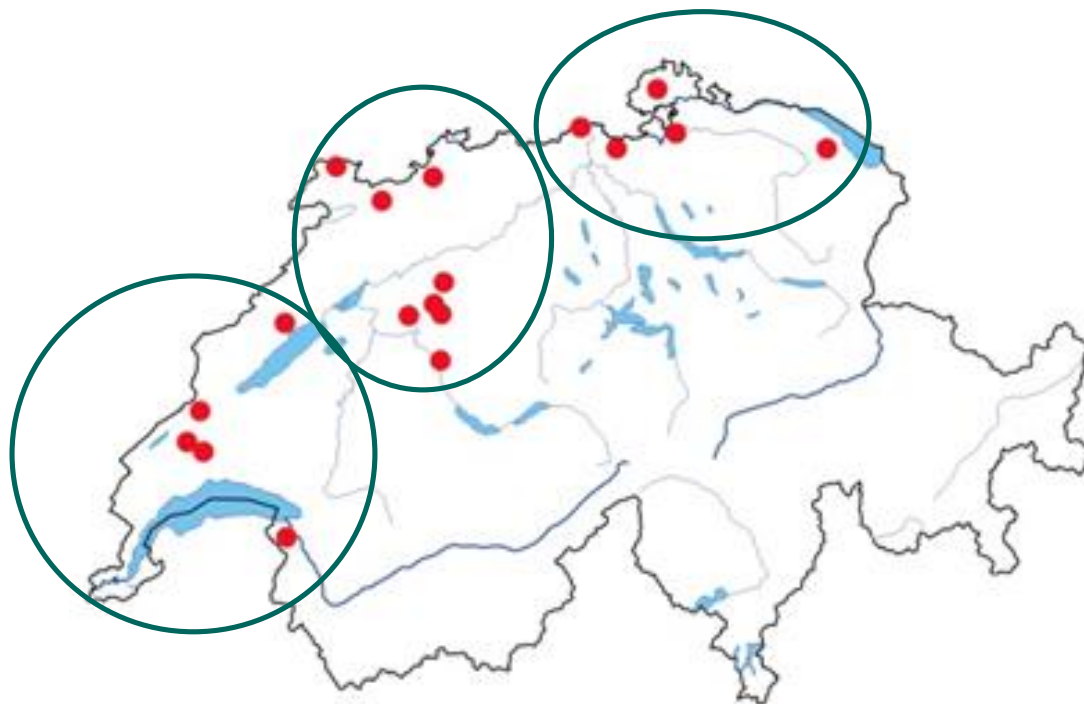
Conditions du Plateau Suisse, sols francs)

Travaux du FiBL 2009 à 2016

Essai exact de longue durée à Frick (Suisse)

Essais pratiques chez agriculteurs

Suivis et observation de parcelles chez agriculteurs



Réseau-pilote
d'environ
20 agriculteurs

Financements et collaborations:

Der Coop Fonds für Nachhaltigkeit
unterstützt dieses Projekt.



LIEBEGG



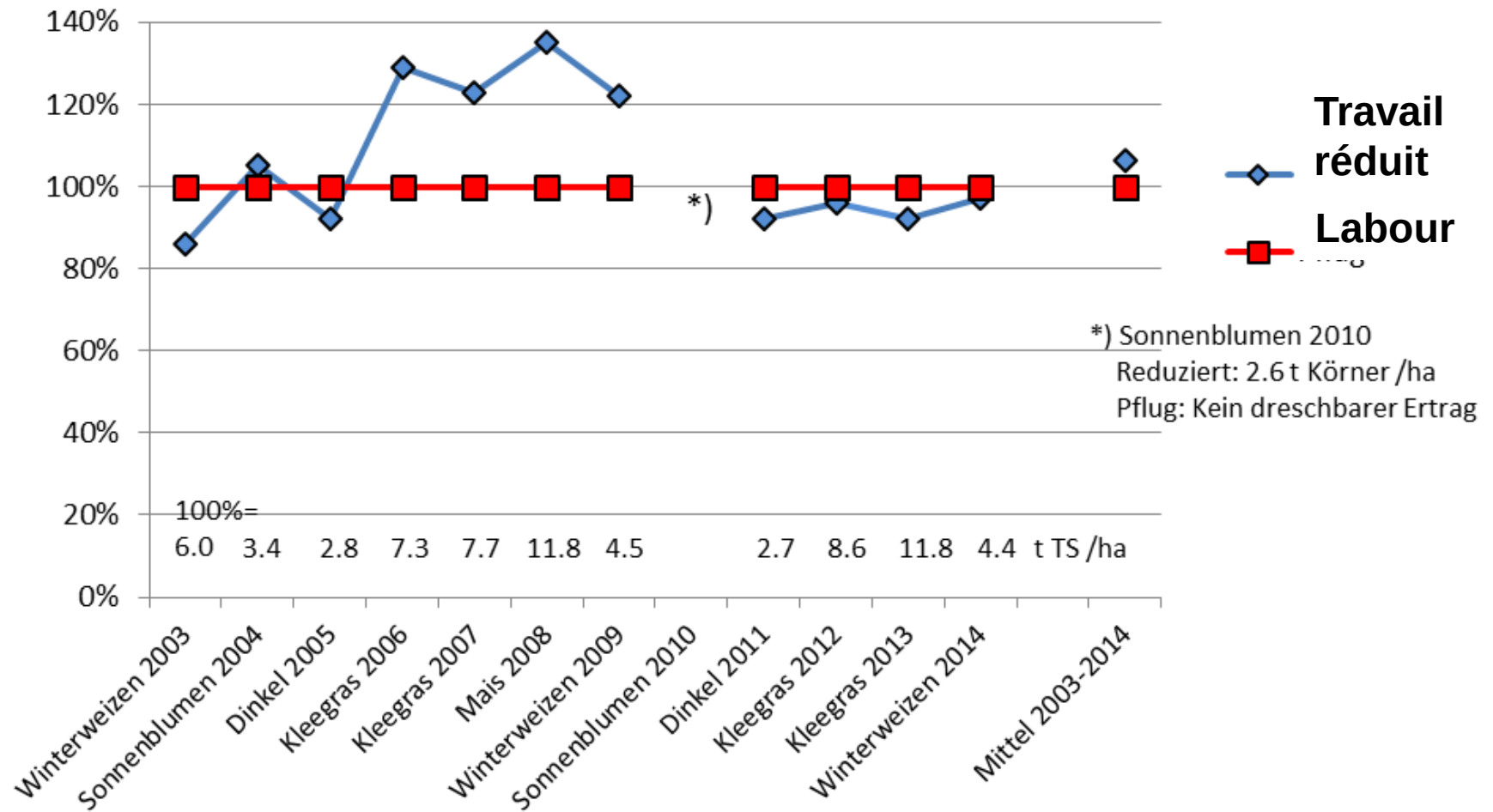
Travail réduit: essai exact de longue durée au FiBL (Frick (Suisse), depuis 2003, 45 % argile



Facteurs étudiés: travail du sol x fumure x préparations biodyn.

Essai de longue durée, FiBL, Frick (Suisse)

Rendements 2003 - 2014



Essais de travail réduit du sol

Rendements (travail réduit en % du labour)

	Essais exacts		Essais pratiques*	
	Muri 2009- 2011	Aesch 2010- 2011	Sur 9 fermes bio 2009 - 2011	Sur 11 fermes bio, 2014- 2015, céréales
Labour	100%	100%	100%	100 %
Travail réduit	101%	88%	92%	86 %

* Essais pratiques 2009 à 2011: le travail du sol a été pratiqué avec les machines (pas toujours hyper-performantes ou super-modernes) présentes sur les exploitations ou chez des agriculteurs du voisinage.

Essais de travail réduit du sol, Suisse romande (2014-2016)

			Rendement dt/ha			Nombre de passage de machines	
			Labour	Réduit	Réd/Lab	Labour	Réduit
Faivre Philippe, Montignez JU	2014	Colza	35	37	6%	4	4
	2015	Blé d'automne	48	45	-6%	4	4
	2016	Pois/orge (semis de print.)	Résultat non utilisable				
Marmy Patrice, Estavayer-le-Lac FR	2014	Soja	24.3	24.2	0%	4	4
	2015	Blé d'automne	55	56	2%	3	4
	2016	Pois/orge (Automne)	42	31	-26%*	3	3
Haldemann François, Meyrin GE	2014	Maïs-grain	79.7	57.5	-28%*	4	5
	2015	Soja	12.7	12.6	-1%	2	3
	2016	Blé d'automne	31.3	30.9	-1%	2	2

*Forte pression des graminées

Rendements dans le Projet TILMAN-ORG

- › **Travail réduit comparé au labour:**
 - › Si labour > 25 cm: -7.6%, significatif
 - › Si labour < 25 cm: très variable, non significatif

- › Cooper et al. , 2016. Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. Agron. Sustain. Dev. 36, 1-20.

Couverture du sol par les adventices (en %)

	Essais exacts			Essais pratiques
	Frick 2003- 2011	Muri 2011	Aesch 2011	Sur 9 fermes bio 2011
Labour	11	7	32	7
Travail réduit	28	40	33	20

Frick: Ø du maïs, blé d'automne, tournesol, épeautre

Muri: blé d'automne

Aesch: féverole d'automne

Essais pratiques: Ø des 8 parcelles sur lesquelles il y avait des céréales en 2011



Labour

**Travail
réduit**

Amélioration du parc de machines

- › → Réduction du nombre de passages, meilleure maîtrise des adventices, meilleurs rendements



Cultivateur Treffler



Cultivateur Treffler / Labour

Emissions de gaz à effet de serre et consommation en énergie

Chiffre - clé	Unité	Essais pratiques*
Emissions de gaz à effet de serre [CO ₂ eq. / ha*an]	Procédé «Travail réduit» en % du procédé «Labour»	87.1%
Consommation en énergie [MJ / ha*an]		83.5%

Le travail réduit du sol a nécessité 50 % de passages de machines en plus mais a eu un impact plus faible sur le climat

* Moyenne des 9 essais pratiques, 2009 à 2011

Structure du sol

Essai de Frick, automne 2015

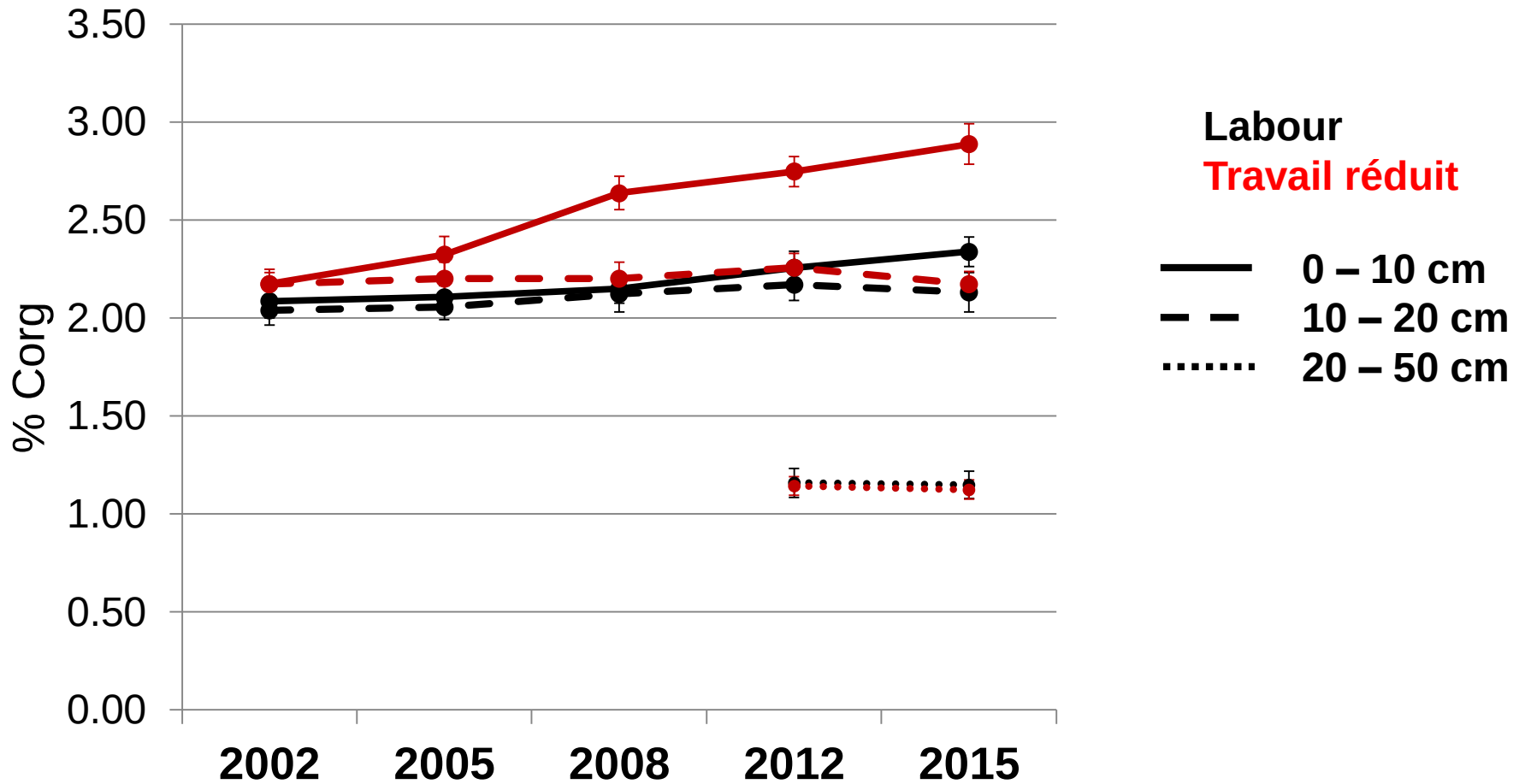
Labour



Travail réduit

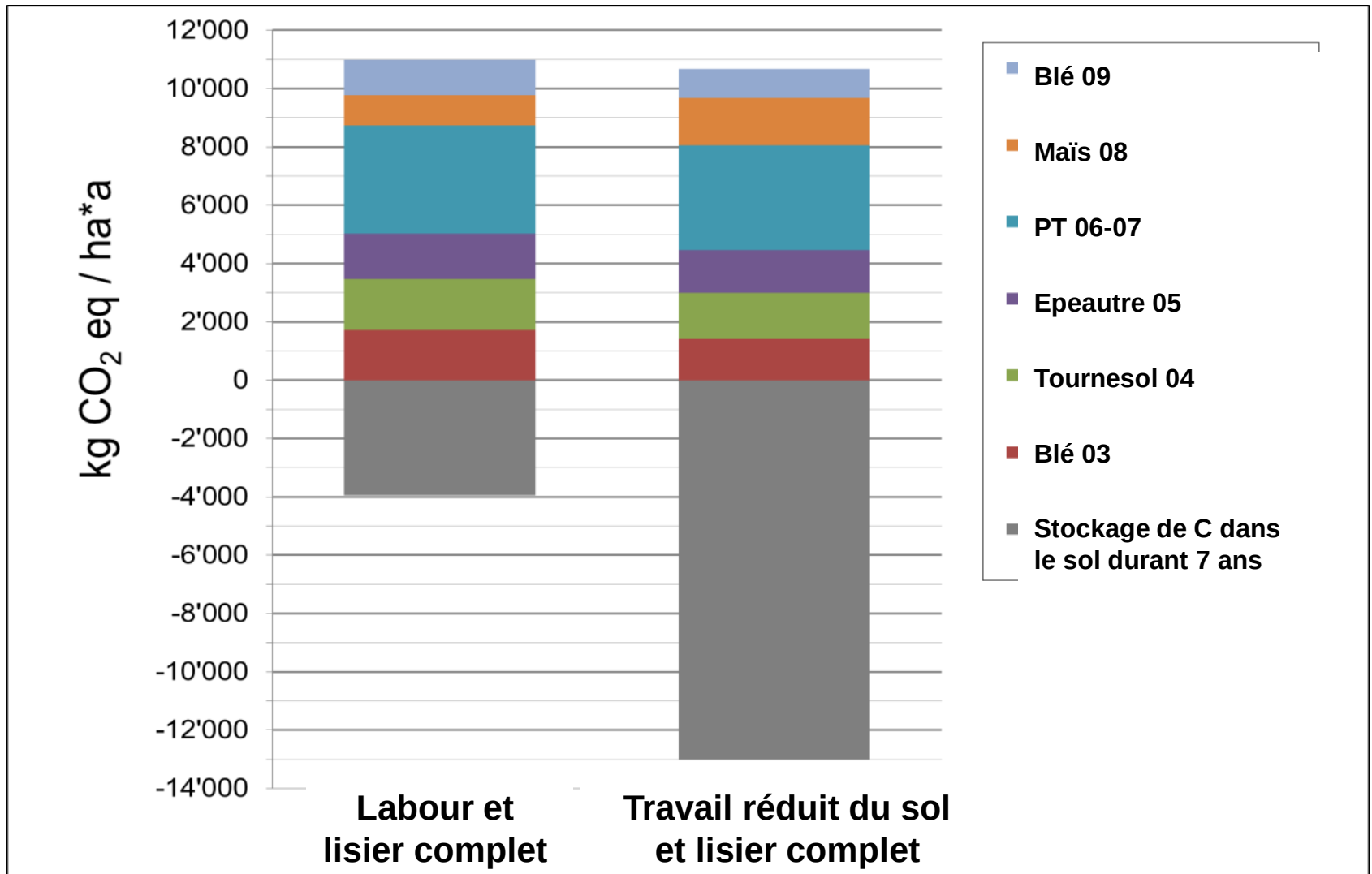


Essai de Frick: évolution du Corg



Essai exact de Frick AG, 2003 à 2009

Bilan climatique et évolution de la teneur en humus



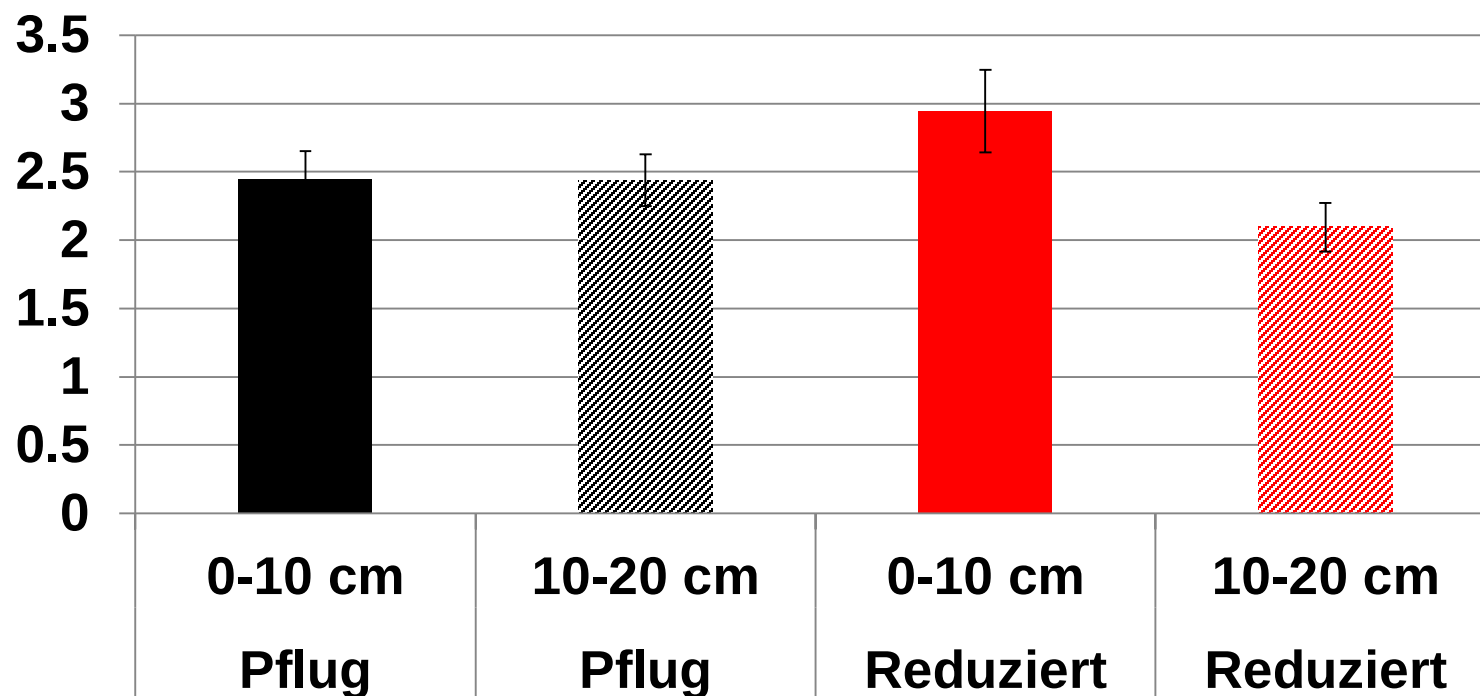
Essais pratiques: évolution du Corg

Sur 8 entreprises bio, 2013 - 2016

Travail de diplôme de Tobias Speiser, 2016

› Corg (%) aux profondeurs 0-10 et 10-20 cm

(Pflug = Labour, Reduziert = travail réduit)



Influence du travail réduit sur la teneur en matière organique en conditions bio: résumé

- › Le travail réduit provoque un déplacement de la matière organique vers le haut:
enrichissement des 10 premiers cm
- › Y a-t-il une augmentation du taux de matière organique sur l'ensemble du profil? Effets variables en conditions bio

- › Schulz, F., Brock, C., Schmidt, H., Franz, K.-P., Leithold, G., 2014. Development of soil organic matter stocks under different farm types and tillage systems in the Organic Arable Farming Experiment Gladbacherhof. Arch. Agron. Soil Sci. 60, 313-326.
- › Crittenden, S.J., Poot, N., Heinen, M., van Balen, D.J.M., Pulleman, M.M., 2015. Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. Soil Till. Res. 154, 136-144.
- › Zikeli, S., Gruber, S., Teufel, C.-F., Hartung, K., Claupein, W., 2013. Effects of Reduced Tillage on Crop Yield, Plant Available Nutrients and Soil Organic Matter in a 12-Year Long-Term Trial under Organic Management. Sustainability 5, 3876-3894.

Le semis direct

Semis directs (SD) dans les couverts

Dans les conditions pédoclimatiques de Suisse et d'Allemagne du Sud

› En Suisse, peu d'expériences réussies en bio avec:

- › Le SD de céréales d'automne dans les couverts gélifs
- › Le SD de maïs dans les couverts hivernants

› En Allemagne du Sud, peu d'expériences réussies en bio avec:

- › Le SD de soja dans des céréales hivernantes

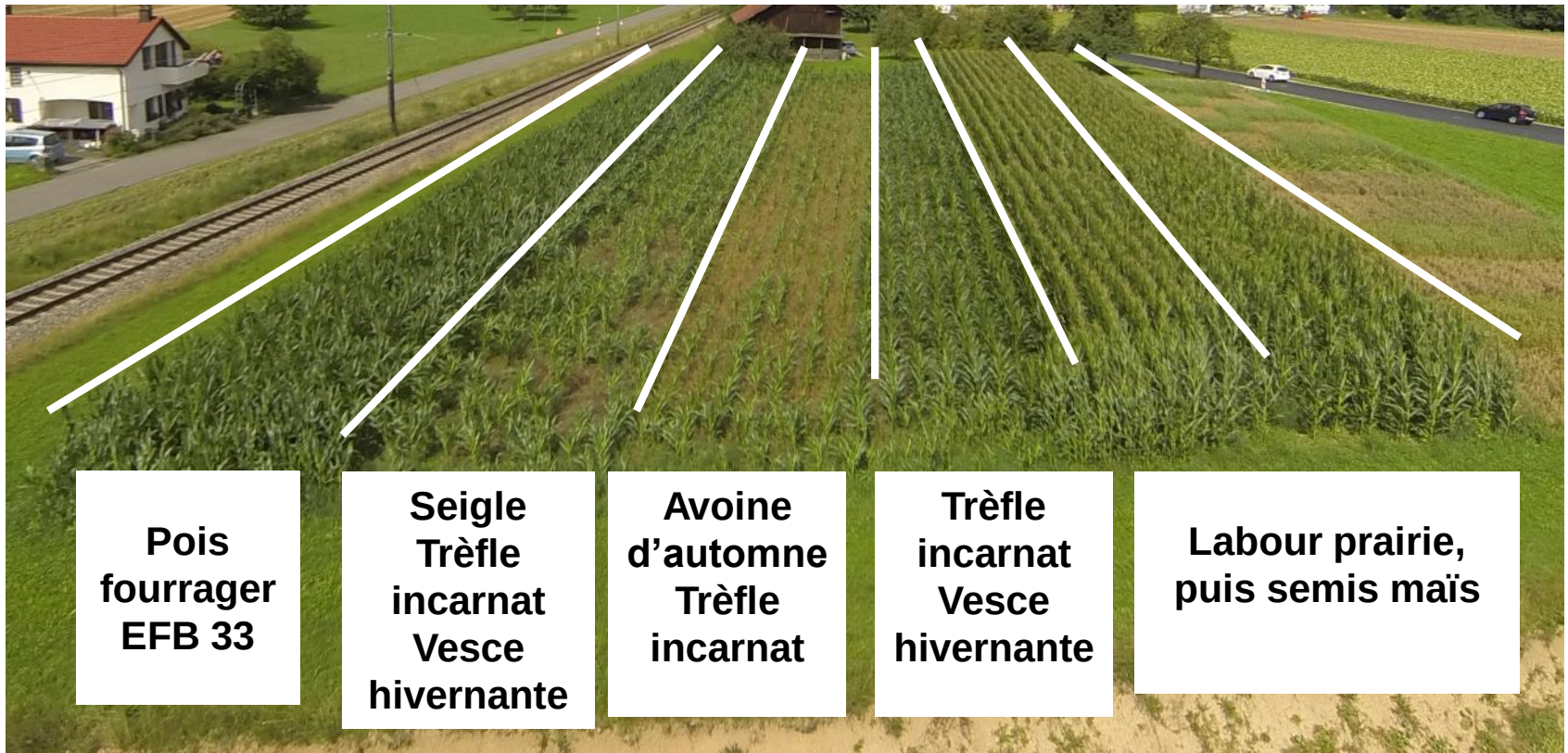


Semis direct de maïs sur engrais verts hivernants, 2012 - 2016

- › **Engrais verts semés à fin septembre, 4 modalités:**
 - › Pois fourrager
 - › Seigle, trèfle incarnat et vesce
 - › Avoine et trèfle incarnat
 - › Vesce et trèfle incarnat
- › **Modalité avec labour (= témoin)**
- › **Maïs semé en mai**

Essai de semis direct de maïs

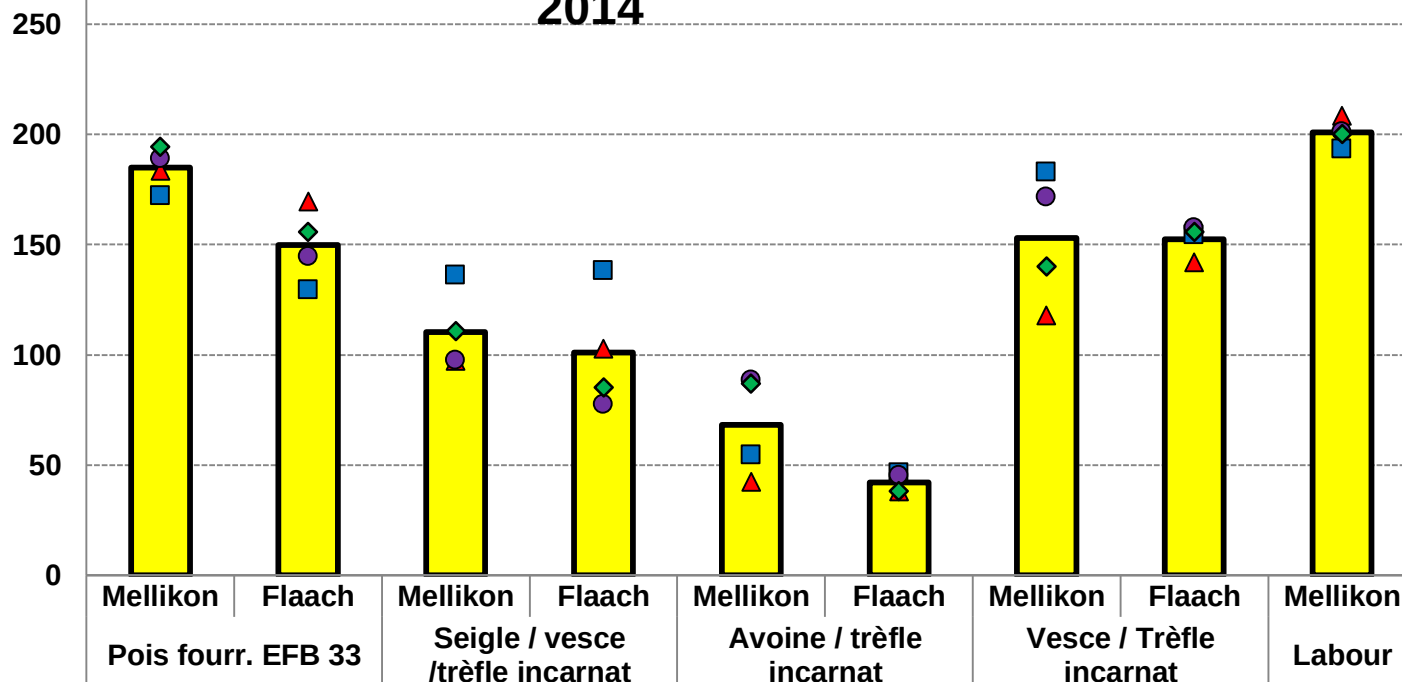
Mellikon AG, 01.08.2014



Maïs plante entière, rendements 2014

Essais de semis direct de maïs, Mellikon AG et Flaach ZH, 2014

Rendement dt MS/ha)



■ Rendement moyen (dt MS/ha)	185	150	110	101	68	42	153	153	201
■ A	172	130	136	138	55	46	183	155	193
▲ B	184	170	97	103	43	38	118	142	209
● C	189	145	98	78	89	45	172	158	201
◆ D	195	156	111	85	87	38	140	156	200

Problème: limaces



Limaces sous le mulch
d'engrais vert après le semis
(Mellikon 2014)



Limaces sur les épis à la
récolte
(Flaach 2014)

Problème: adventices



Les rumex peuvent
traverser la couche du
mulch
(Flaach ZH 2014)



Le pâturin commun a
poussé à travers la couche
épaisse du mulch
(Flaach ZH 2014)

Autre problème: repousses de l'engrais vert

Appréciation des engrais verts (EV)

› **Pois fourrager:**

- › EV qui a fourni le meilleur résultat
- › Sol très humide lors du semis: risque de sillons ne se refermant pas
- › N'empêche pas la germination des adventices dès l'été

› **Mélanges à base de seigle, trèfle incarnat, vesce:**

- › Rendement du maïs: faible
- › Non idéal pour semis précoces (le seigle repousse)
- › Le sol ressuie mieux avant le semis du maïs
- › Couche de mulch très épaisse, rend difficile la levée du maïs
- › Le champ reste propre jusqu'à la récolte

› **Mélanges à base d'avoine et légumineuses:**

- › Non idéal pour semis précoces et mi-tardifs (l'avoine repousse)
- › L'avoine freine fortement la croissance du maïs (effet allélopathique)

Semis direct de maïs

Résumé des essais 2012 - 2016

- › **SD possible seulement si bonnes conditions**
 - › (météo, état du sol, faible pression des adventices ...)
- › **Or les conditions optimales sont rarement réunies dans la région où ont eu lieu ces essais!**
- › **Le choix du couvert est capital:**
 - › Concurrence face aux adventices
 - › Succès du semis (difficile avec le seigle)
 - › Succès du rouleau faca (difficile avec l'avoine)
 - › Concurrence / allélopathie de l'avoine face au maïs
- › **Mélange idéal d'engrais vert : pas encore été trouvé !**
- › **Si pois protéagineux ou pois-orge en culture principale, ne pas utiliser le pois comme engrais vert**

Semis direct de soja

- › **Essais en Allemagne du Sud 2012 – 2014**
- › Sur engrais vert hivernant (seigle d'automne, orge d'automne)
- › Engrais verts détruits au stade floraison, avec:
 - › Rouleau faca, ou:
 - › Fauche et évacuation du fourrage (ensilage)
- › Semis soja: 2^{ème} moitié de mai
- › Aucun désherbage

Semis direct de soja

Essais en Allemagne du Sud, 2012-2014



Soja sur seigle fauché



Soja sur seigle roulé

Semis direct de soja

Résultats des essais en Allemagne du Sud

- › ☹ **Rendements: - 10 à 20 %**
- › Avec le seigle comme engrais vert: semis tardif du soja
- › Eventuellement: difficulté à semer à travers l'EV
- › Eventuellement: limaces, corneilles
- › ☹ ☺ **Mauvaises herbes:**
- › En général: champs relativement propres
- › Un peu plus de mauvaises herbes dans le procédé fauché que dans le procédé roulé
- › Beaucoup de mauvaises herbes si l'engrais vert est peu dense et sale (= c'est peu fréquent)
- › ☺ **Moins de travail et moins de terre à la récolte**

Semis direct de soja

En Allemagne, est considéré comme intéressant pour:

- fermes avec très grandes surfaces $\Rightarrow$
- pas de pointes de travail durant la période de désherbage
- pour éviter l'érosion



*Soja sur semis direct
Allemagne du Sud
18.08.2015*

Les couverts

Les couverts: particularités en ABC

› Complémentaires aux:

› Prairies temporaires



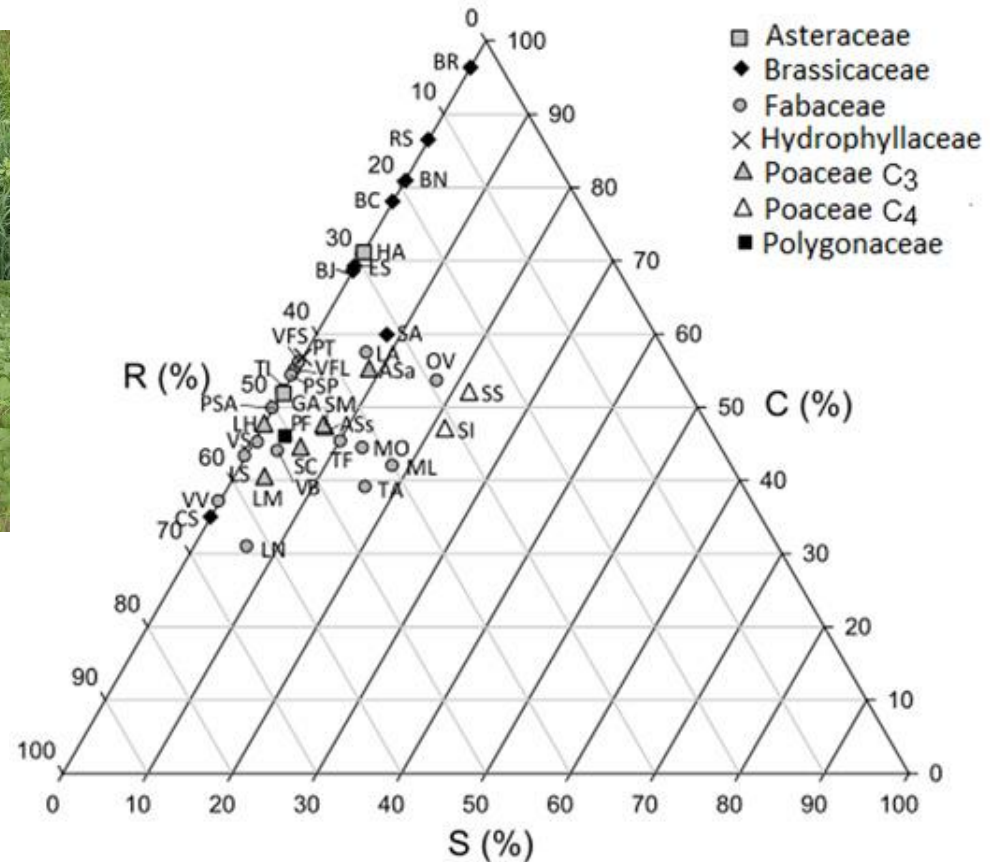
Sous-semis



- › **Quelques références pour la Suisse:**
- › Fiches techniques d'AGRIDEA
- › Guide couverts végétaux d'AgriGenève:
www.agrigeneve.ch/technique/grandes-cultures/documents-techniques

...quoi semer ?										AgriCultivé			
	Variétés / semences	Altitude (mètres)	Mélange possible (oui/non)	Cultures associées (oui/non)	Niveau	Nom	Interculture	Commentaires	Composition du mélange (parties recommandées)	Intérêts de chaque composant	Productivité		Prix (indicateur relatif en points)
											Produit sec (kg/ha)	Densité (kg/ha)	Prix (€/kg)
Longue	+ + + + +	+ +	+ +	+ +	1	Mélange simple	Toutes	Neuvers de la variété d'automne, gâté	Phacelia Trifolée d'alexandrie (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine	4,0 15,0	20	114
						Mélange de base	Toutes	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	23	116
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
Courte	+ + + + +	+ +	+ +	+ +	2	Mélange complémentaire	Après un colza, un pois ou une féverole et avant un blé	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	62	118
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
Courte / longue	+ + + + +	+ +	+ +	+ +	3	Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
Courte / longue	+ + + + +	+ +	+ +	+ +	4	Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
Courte / longue	+ + + + +	+ +	+ +	+ +	5	Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
Courte / longue	+ + + + +	+ +	+ +	+ +	6	Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
Courte / longue	+ + + + +	+ +	+ +	+ +	7	Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
Longue	+ + + + +	+ +	+ +	+ +	8	Mélange hiver	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190
						Mélange céréale	Entre deux céréales d'automne	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	40	188
						Mélange été	Après une céréale et avant un colza	Covercrops de la variété d'automne, gâté	Phacelia Avoine Radis chinois (neuve)	Covercrops (neuve) Avoine Radis chinois (neuve)	1,0 4,0 1,0	80	190

Caractérisation d'une large gamme d'espèces de couverts végétaux



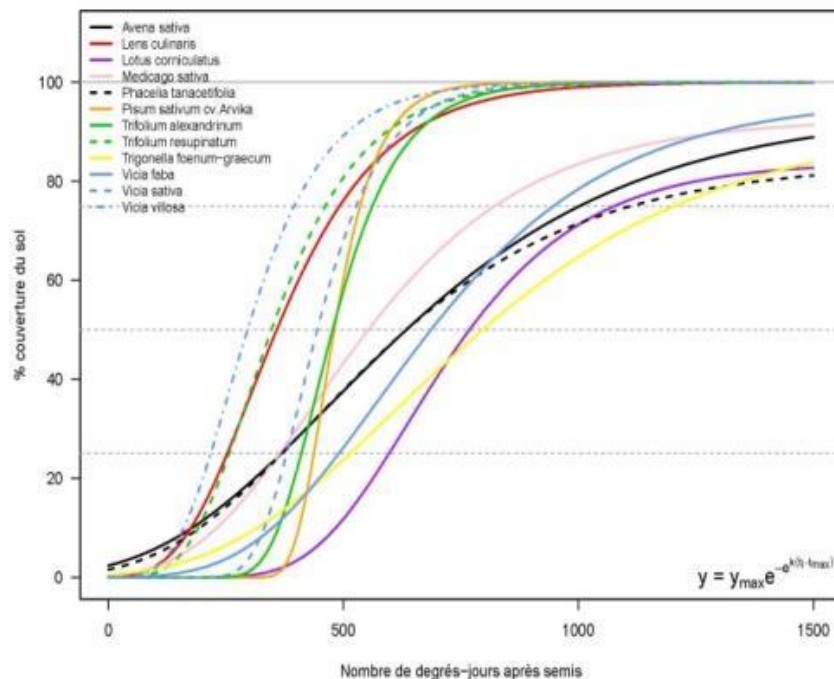
Triangle de Grime:
Stratégie de compétition C
Tolérance au stress S
Tolérance aux perturbations R

Tribouillois et al., 2015, PLOS One

Effets attendus pour le contrôle des adventices et la couverture du sol

- › Capacité de suppression des adventices, tout en tolérant une certaine présence sous forme végétative
- › Suppression de la multiplication générative
- › ...

Mauvaises herbes, gestion de l'interculture et usage des herbicides
Etude bibliographique dans le cadre d'une expertise collective INRA, 2012



-> 50% de couverture en 20 jours

Caractérisation des racines

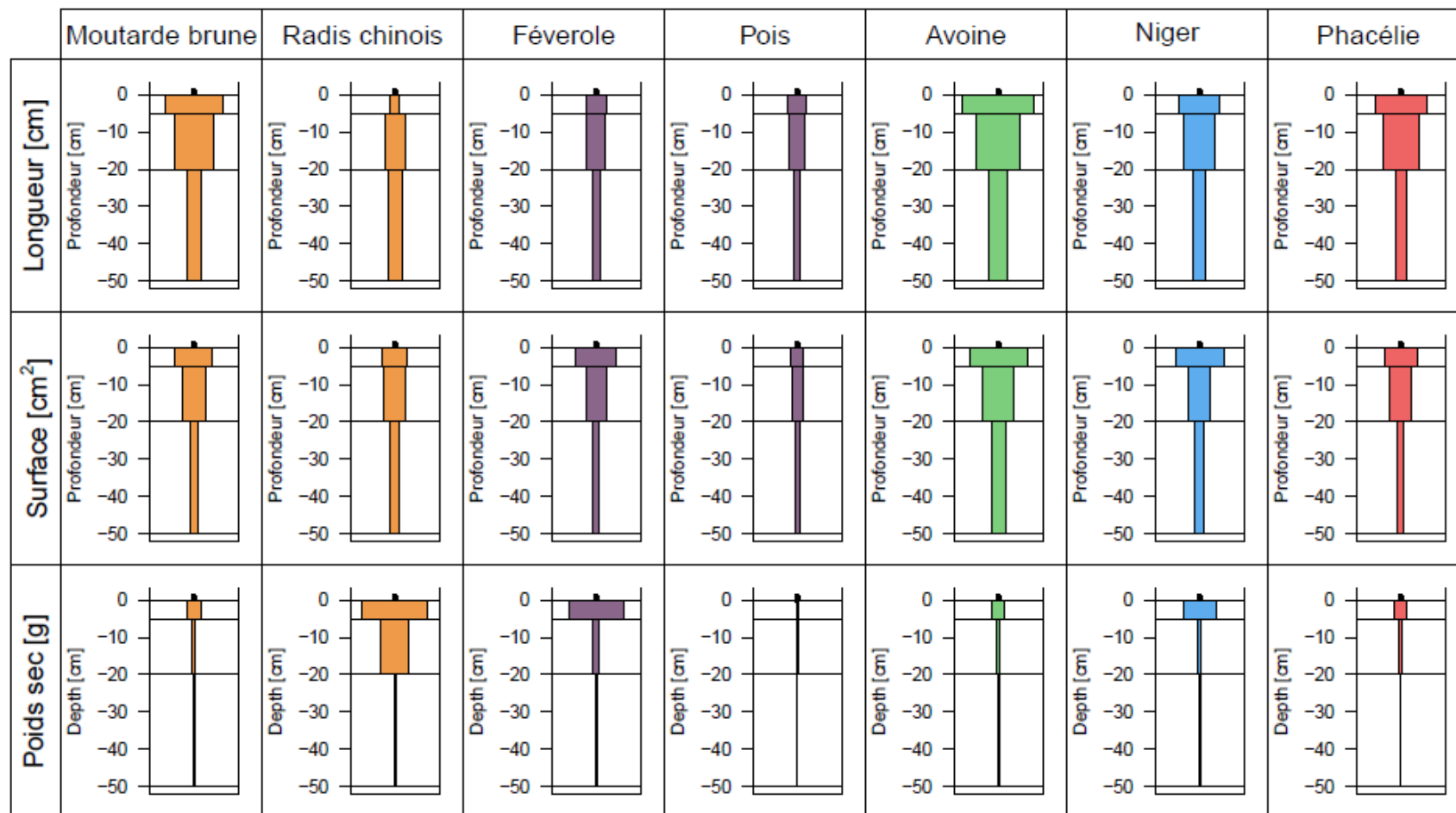
Biomasse aérienne sèche et traits racinaires (0-50 cm) de sept couverts végétaux

Espèce	Nom latin	Biomasse t ha ⁻¹	Longueur (cm)	Surface (cm ²)	Poids sec (g)
Moutarde brune	<i>Brassica juncea</i>	4.1 ± 0.3	7858 ± 221	467 ± 8	0.9 ± 0.2
Radis chinois	<i>Raphanus sativus longipinatus</i>	5.1 ± 0.9	4737 ± 1231	432 ± 80	4.8 ± 1.2
Féverole	<i>Vicia faba</i>	3.6 ± 0.5	3797 ± 227	435 ± 58	2.3 ± 0.4
Pois	<i>Pisum sativum</i>	3.0 ± 0.2	3059 ± 330	214 ± 31	0.2 ± 0.0
Avoine rude	<i>Avena strigosa</i>	4.2 ± 0.4	9448 ± 332	694 ± 69	0.9 ± 0.1
Niger	<i>Guizotia abyssinica</i>	3.9 ± 0.8	6157 ± 328	513 ± 29	1.4 ± 0.4
Phacélie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	3.6 ± 0.8	6730 ± 495	418 ± 40	0.7 ± 0.2

(Valeurs relatives)

Wendling et al., 2015, AAB

Systèmes racinaires de différents couverts



Longueur (cm), surface (cm²) et poids sec (g) des racines de 0-5, 5-20 et 20-50 cm

Wendling et al., 2015, AAB

La féverole, un élément important des couverts



Les couverts constitués de mélanges d'espèces

› Critères possibles (à discuter):

- › Complexes (objectif = 4 à ?? espèces)
- › A adapter à chaque situation pédo-climatique
- › A adapter à chaque entreprise agricole
- › Sans ou avec peu de crucifères
- › Sans ou avec peu de pois si pois protéag. en culture principale
- › Si infestation adventices: semer cultures dérobées, 1 à 2 coupes
- › Si déchaumages estivaux, implantation retardée → Choix esp. ?

› Types de couverts pour les conditions de la Suisse:

- › Gélifs (grand choix possible)
 - › Interculture courte (été à automne)
 - › Interculture longue (été à printemps)
- › Hivernants (faible choix d'espèces à associer)
 - › Pas ou peu de ray-grass, d'autre graminées ou de céréales, si travail réduit du sol pour mise en place de la culture suivante

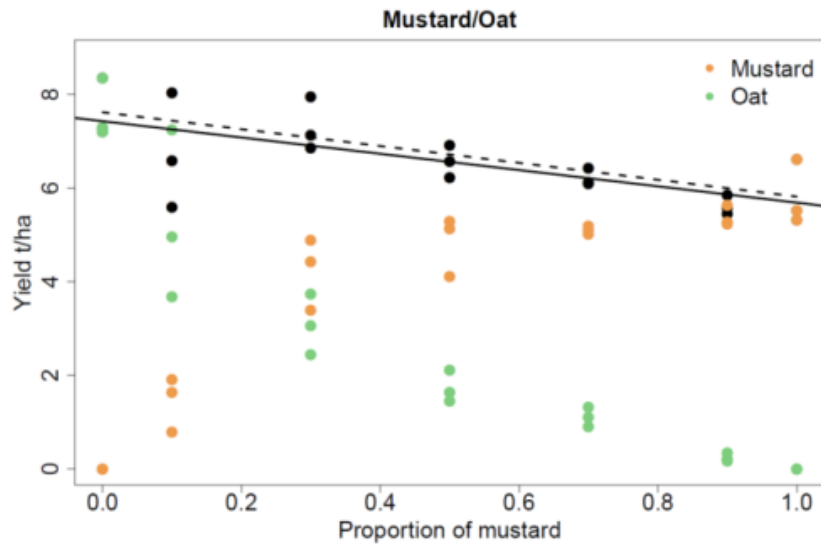
Les couverts constitués de mélanges d'espèces

- › **Composer des mélanges qui offrent une certaine stabilité d'année en année**
 - › malgré les conditions changeantes de sol et de climat
- › **Définir les effets attendus:**
 - › Maîtrise adventices
 - › Fixation N
 - › Protection contre érosion
 - › Amélioration du sol
 - › Captage des nitrates
 - › L'EV doit coûter peu ?

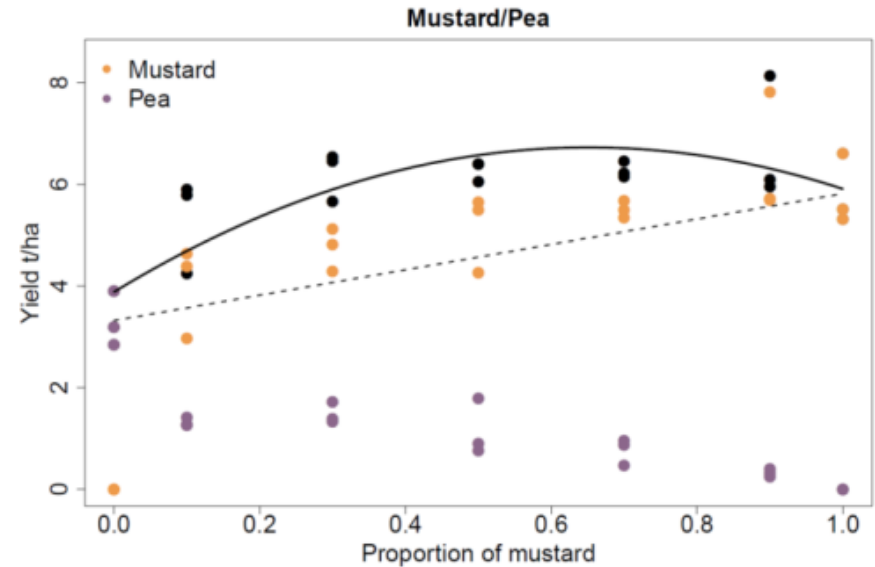
Mélanges d'espèces : avec légumineuses

Performance de mélanges bi-spécifiques

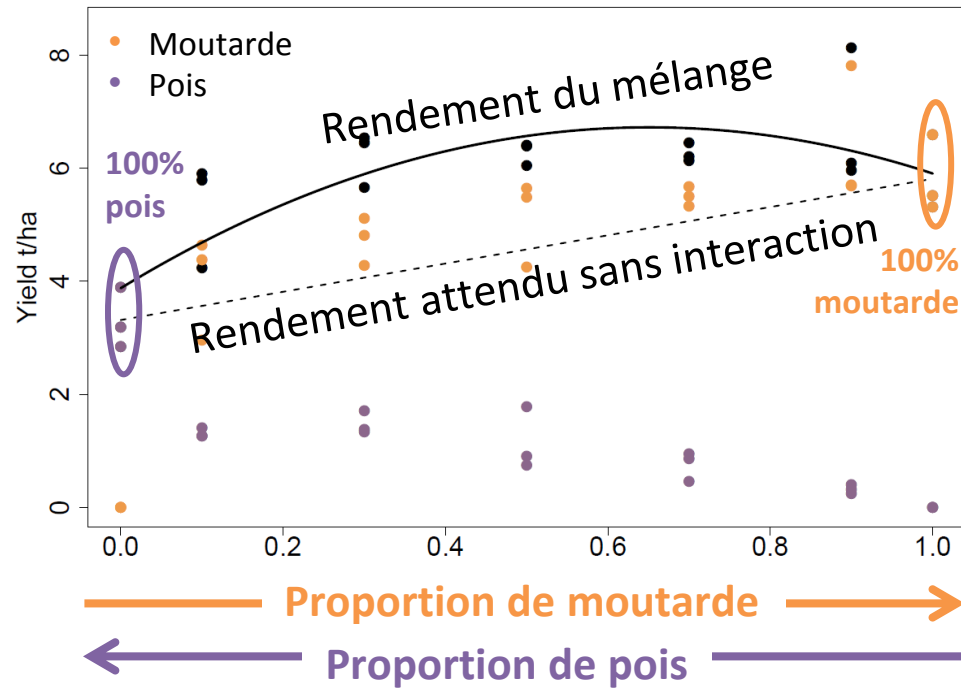
sans interaction



avec interaction



Fonctionnement des associations d'espèces comme couverts végétaux optimisés : mélanges simples



Les interactions permettent de dépasser le rendement attendu (rendement proportionnel).

Le dépassement transgressif est atteint lorsque le rendement du mélange est supérieur au rendement de la meilleure des deux variétés en pure.

Wendling et al., in prep.

Comportement des espèces en mélanges

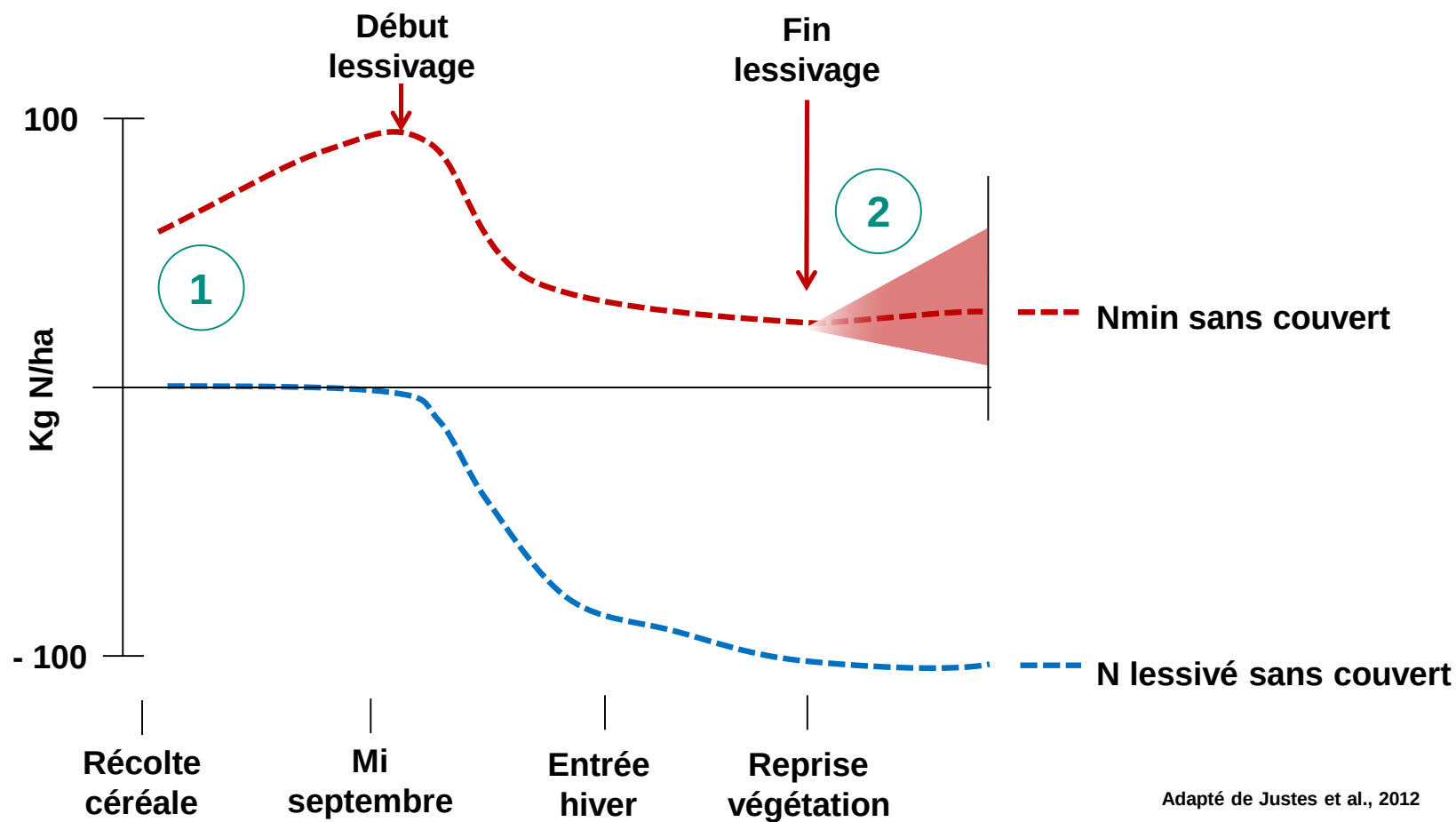
Mélange	Fréquence de dépassement [%]	Dépassement transgressif [%]	Ecart de rendement [t/ha]
Moutarde-avoine	79	72	1.36
Moutarde-phacélie	0	0	0
Moutarde-pois	100	94	0.75
Pois-avoine	100	97	1.02
Pois-phacélie	100	77	1.25
Avoine-phacélie	100	88	0.64

- Le mélange moutarde - phacélie ne présente aucun avantage
- Le mélange moutarde-avoine est favorable avec une faible densité de moutarde
- Le mélange pois - phacélie est favorable avec un faible densité de pois
- Le dépassement transgressif concerne plus particulièrement les mélanges moutarde - pois et pois - avoine
- Le gain de rendement peut être particulièrement élevé

Influence de l'azote

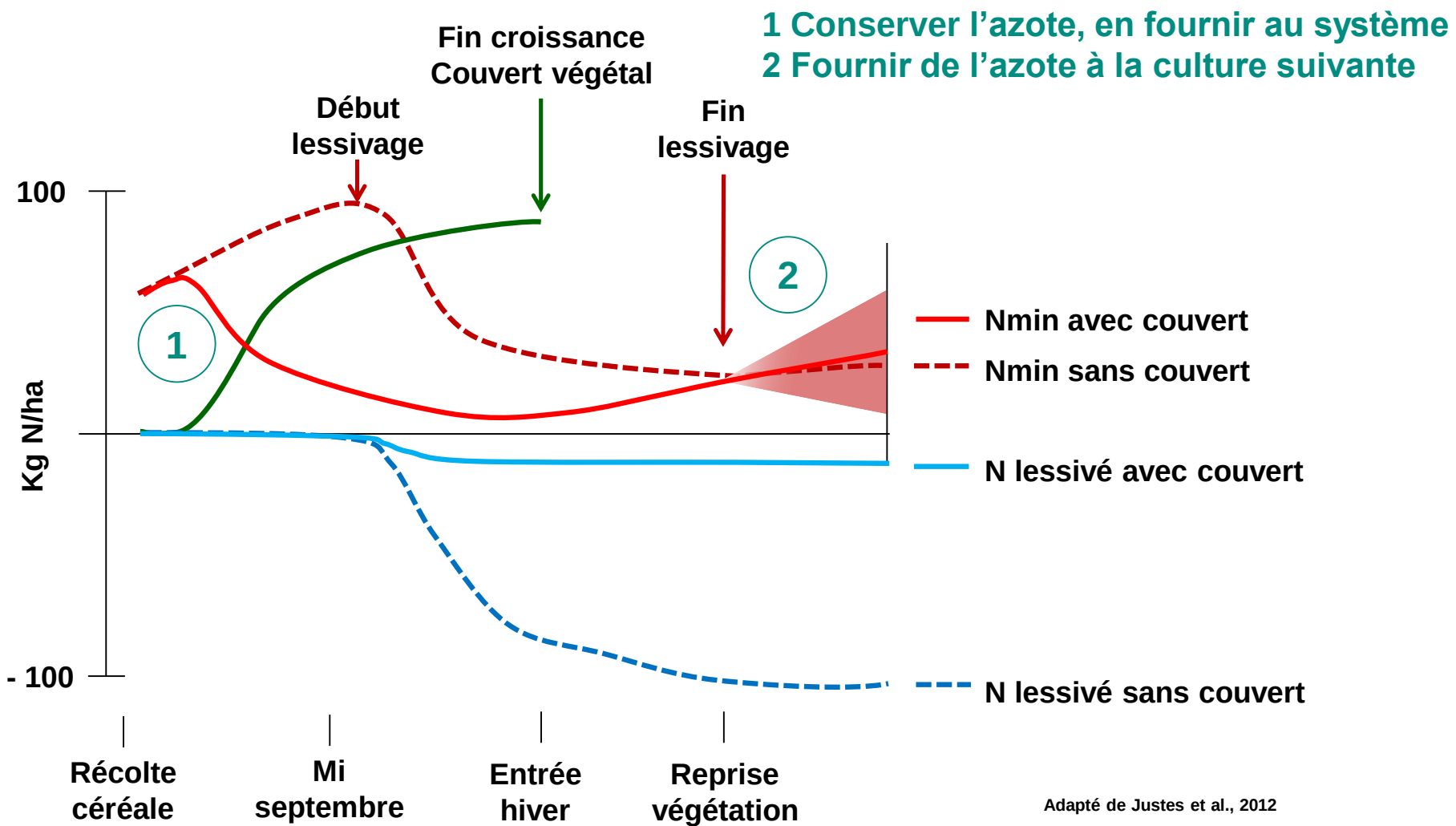
- › **L'azote (présent dans le sol ou apporté):**
 - › modifie l'interaction des mélanges sans pois
 - › influence les rendements des mélanges avec pois:
 - › permet à certaines espèces une meilleure performance en présence d'une faible densité de pois,
 - › en particulier la phacélie et l'avoine
- › Or les sols sont naturellement plus ou moins riches en N (sur entreprises avec bétail: davantage de N dans les sols) → Comportement des couverts: différent d'un sol à l'autre

Minéralisation estivale sous sol nu



Adapté de Justes et al., 2012

Gestion de la minéralisation estivale



Rapport C/N à l'entrée de l'hiver

estimation de l'azote minéralisé pour la culture suivante

Rapport C/N entrée de l'hiver	Espèce	C/N
	pois	12-15
	féverole	16-18
	vesce	10-11
	trèfle	17-19
	Alexandrie	
	lupin blanc	27-38
	phacélie	33-38
	avoine	32-41

Büchi et al., 2015

C/N supérieur à 20 → du N du sol est bloqué
C/N inférieur à 20 → du N du sol est libéré

Atouts des différentes cultures intermédiaires selon les caractéristiques de l'entreprise agricole

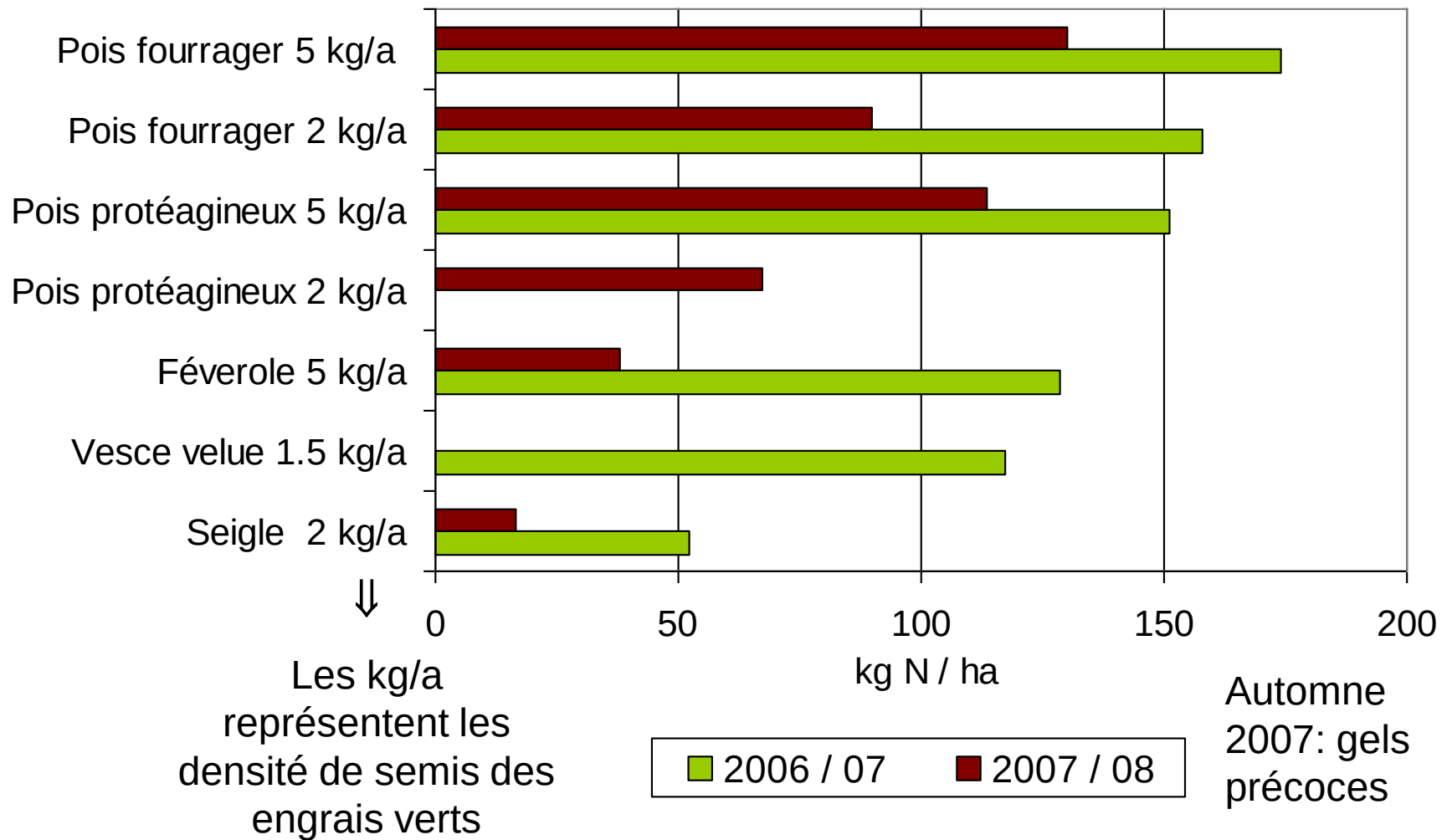
	Graminées	Crucifères	Légumi- neuses	Mélanges Légumineuses & non- légumineuses
Diminution de lixiviation	30 à 80 %	30 à 90 %	0 à 40 %	20 à 60%
Effet N à court terme (N libéré en % N absorbé venant du sol et des rhizobium)	-20 à +10%	-10 à +30%	+10 à +50%	+10 à +40%
Atouts	Efficacité à haut niveau d'intrant en N	Large efficacité	Efficacité à bas niveau d'intrant en N	Efficacité intermédiaire, plasticité selon le milieu

Couverts hivernants, fourniture de N au maïs

Essais du FiBL 2007 à 2009

- › Précédent: céréale
- › Engrais verts:
 - vesce velue
 - pois fourrager d'hiver
 - pois protéagineux d'hiver
 - féverole d'hiver
- Témoins:
 - chaumes de céréales
 - seigle d'automne
- › Deux densités de semis (usuelle et double)
Deux dates de semis (octobre et novembre)
- › Incorporation des engrais verts, à mi-mai:
mulching, puis travail réduit ou labour classique
- › Culture: maïs plante entière

Azote contenu dans masse foliaire des engrais verts juste avant leur mulching



Etat du maïs le 7 juillet 2008

selon la couverture hivernale précédente



Photo: Alvaro Gonzalez

Effet visuel des engrais verts sur la croissance du maïs, été 2007



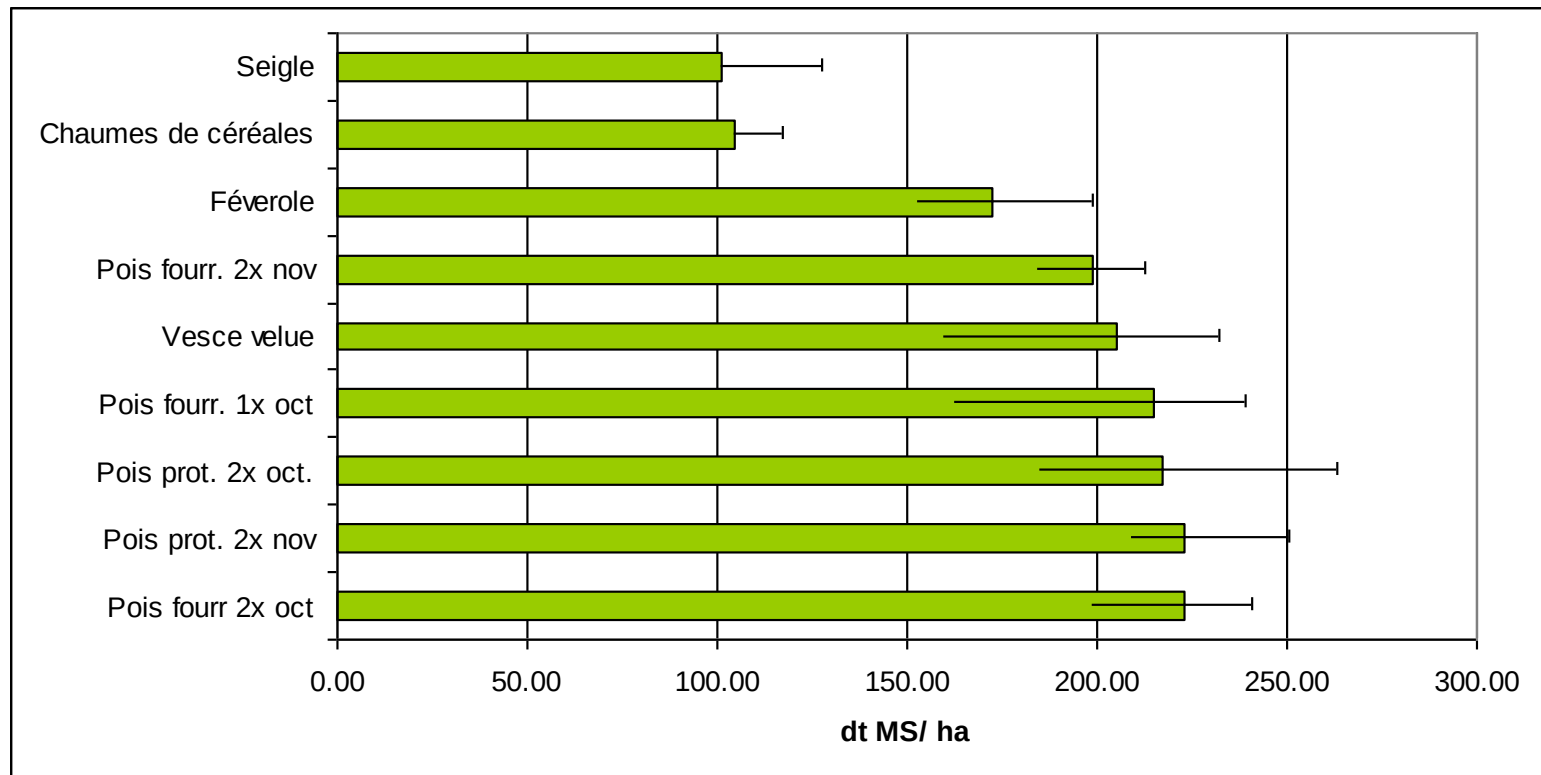
Féve- role	Pois fourr.	Pois fourr.	Vesce velue	Seigle	Pois prot.	Pois fourr.	Pois prot.	Chaumes
Densité de semis: ⇒	500 kg/ha	200 kg/ha			450 kg/ha	500 kg/ha Semis 8 nov.	500 kg/ha Semis 8 nov.	

Légumineuses, densités de semis de plus de 200 kg/ha:
 -ne correspondent pas à des préconisations pratiques
 - uniquement à titre d'essais

Photo: G. Eisenkolb

Rendement maïs, automne 2007

après différents engrais verts, sans fumure N d'apoint

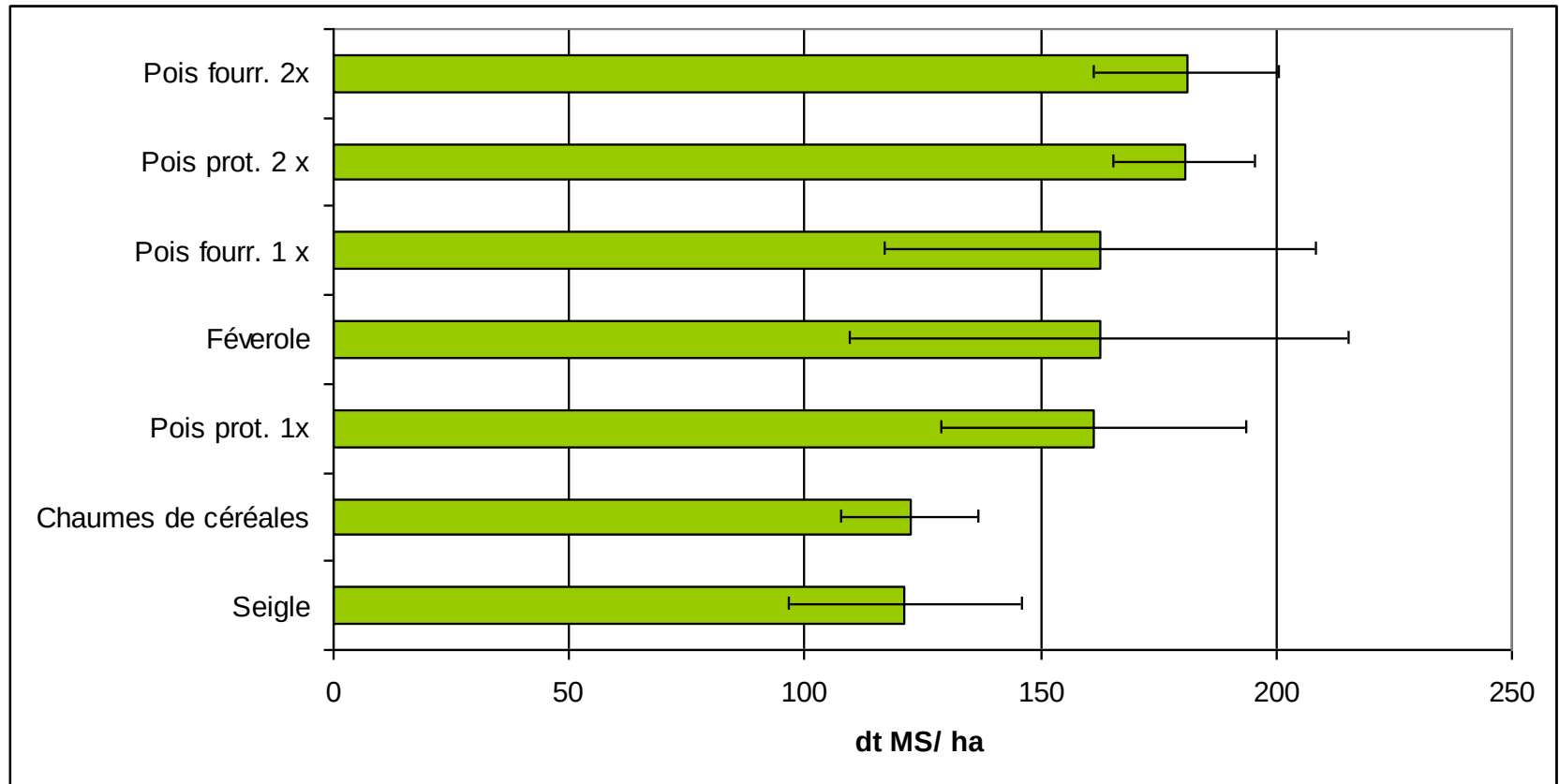


1x oct = densité de semis simple, semis en oct.
nov = densité de semis double, semis en nov.

2x

Rendement maïs, automne 2008

après différents engrais verts, sans fumure N d'appoint



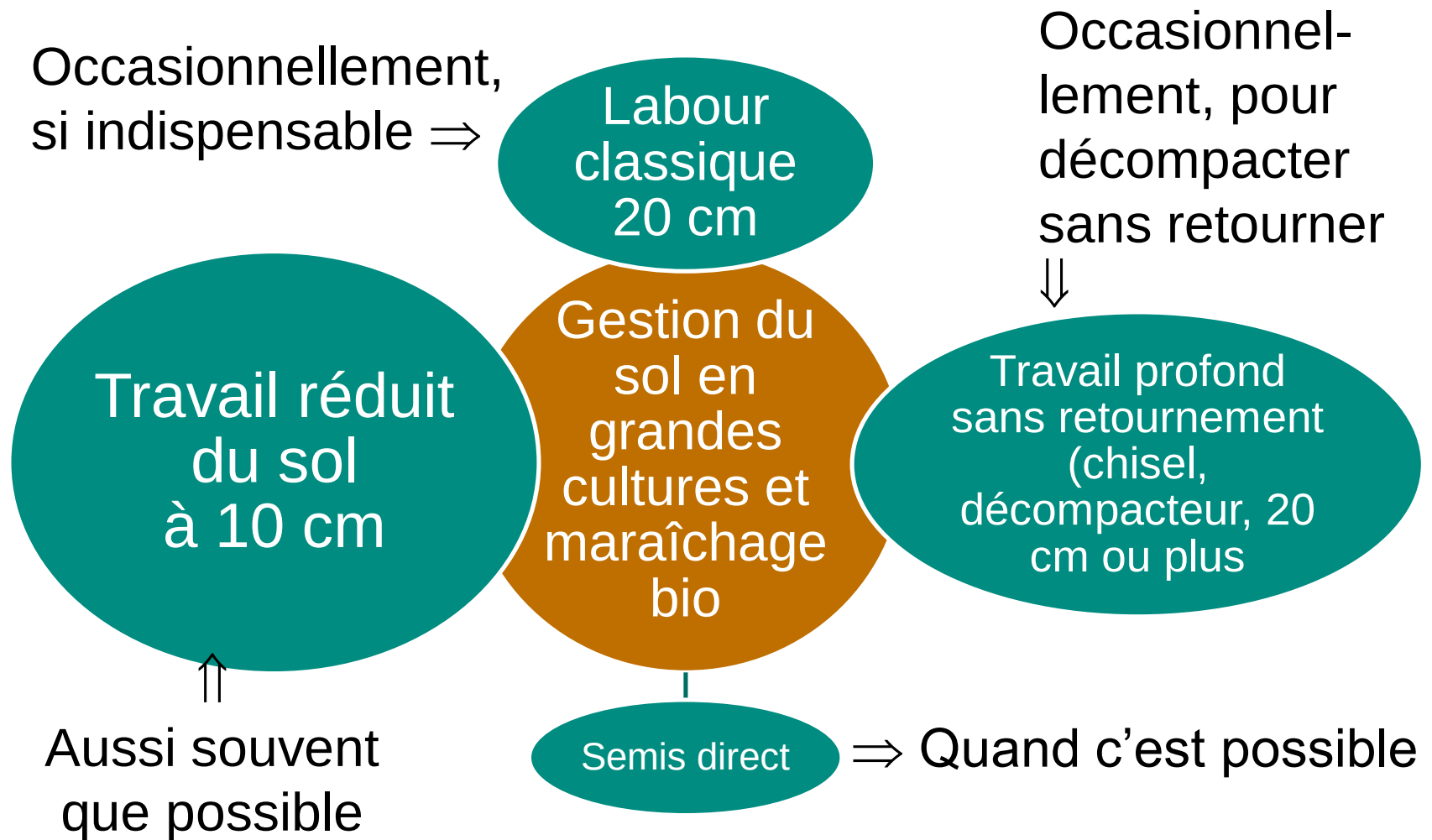
1x = densité de semis simple

2x = densité de semis double

Vue d'ensemble

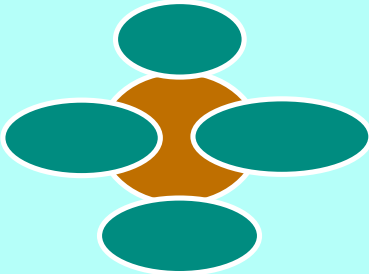
L'agriculture bio de conservation (ABC)

Le travail du sol



L'agriculture bio de conservation (ABC)

Les mesures accompagnatrices

Rotation culturale très diversifiée	Légumineuses à graine, si possible associées	Couverts végétaux et Sous-semis
Variétés concurrentielles face aux adventices et peu gourmandes en N		Composts de fumiers ou de déchets verts Fumure localisée
Amélioration parc machines Parc diversifié	Travail seulement sur sol ressuyé www.terranimmo.ch	Réduction nombre de passages de machines

Démarche progressive

- › Chercher les petits pas à faire pour progresser d'année en année!
- › Ne pas sans cesse tout changer, risque d'instabilité!
Minimiser le risque économique ⇒
- › Faire des essais sur des petites surfaces !



ABC et politique agricole suisse 2014-2017

Contributions Fr/ha	Avec herbicide	Sans herbicide
Semis direct	250	650
Semis en bandes et striptill	200	600
Travail réduit du sol*	150	550

* Ou «semis sous litière» dans le jargon de l'Office fédéral de l'agriculture.

- Définition: travail superficiel.
- Souhaité sur le plan agronomique: max. 10 cm de profondeur.

Le retournement avec une charrue (normale ou «charrue déchaumeuse») est accepté, seulement si travail sans herbicide.

Dans certains cantons: contributions supplémentaires

Exigences de Bio Suisse



- › Prairie temporaire au moins un an sur 10, même sur entreprises sans bétail
- › Prairie temporaire: au moins 20 % de la terre assolée (avec exceptions possibles)
- › Chaque année, une culture différente (exemple: blé sur blé pas possible)
- › Terre ouverte: au moins 50 % doit être couverte en hiver

**Aujourd'hui: indicateurs de mesures à prendre
Avenir: vers des indicateurs de résultats**

