



## Projet KABB 2015: Légumineuses : Prévention de la fatigue des sols.

### Rapport final



#### Auteurs:

- Jacques Fuchs
- Maurice Clerc
- Hansueli Dierauer
- Roggli Martin
- Django Hegglin



Frick et Lausanne le 06.04.2016

EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich  
FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria  
FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche

**FiBL Schweiz / Suisse**  
Ackerstrasse, CH-5070 Frick  
Tel. +41 (0)62 865 72 72  
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

# 1. Introduction

Ces dernières années, les cultures de pois et de féverole ont fortement gagné en importance dans les exploitations bio. Ces légumineuses peuvent d'une part représenter, à côté des céréales, une culture extensive particulièrement intéressante pour améliorer le bilan azote de l'exploitation. D'autre part, ces légumineuses sont également une possibilité pour les grands élevages de produire une grande partie de leur propre fourrage.

L'augmentation de la part de ces légumineuses dans l'assolement peut cependant conduire à un phénomène de fatigue des sols, rendant leur culture difficile. Ceci est particulièrement observable en Allemagne dans les exploitations sans bétail avec un taux élevé de légumineuses dans les rotations et peu de pauses entre deux. En Suisse, ce phénomène de fatigue était observé dans les années 90 avec les pois de conserves. Avec une pause de minimum 6 ans, ce problème a de nouveau disparu. Avec l'augmentation des légumineuses bio en Suisse on pourrait toutefois à nouveau avoir les mêmes difficultés comme en Allemagne. Dans le cadre d'un projet réalisé pour le ministère de l'agriculture allemand (voir <http://www.bodenfruchtbarkeit.org>), le FiBL a développé un test différentiel pour définir les causes de cette fatigue des sols. Ce test peut être employé comme méthode de prévision permettant à l'agriculteur d'évaluer les risques de fatigue du sol de ses parcelles.

Le but du présent projet est d'évaluer l'état de fatigue de sols suisses ayant des légumineuses protéagineuses dans leurs rotations, en utilisant la méthode de prévision des risques de fatigue du sol pour la culture de pois protéagineux développée en Allemagne.

## 2. Matériel et méthodes

### 21 Prélèvement des échantillons

Pendant l'hiver 2014-2015, des échantillons représentatifs de sols ont été prélevés dans une quinzaine de parcelles allant avoir des cultures de pois en 2015. Chaque échantillon comprenait une quantité de sol d'environ 20 litres. Après prélèvement, ces échantillons ont été tamisés à 10 mm.

Huit échantillons ont été prélevés dans des parcelles en Suisse romande (tab. 1a et 1b). Six échantillons ont été prélevés dans des parcelles en Suisse alémanique (tab. 2a et 2b).

Tab. 1a. Description des parcelles de Suisse romande sur lesquelles des échantillons de sol ont été prélevés.

N°	Lieu	Type de sol	Type de production	Apport de matière organique	Cultures de légumineuses 1995-2014 <sup>1</sup>
1	Aire la Ville (Villa Rose)	sol lourd (36% d'argile), pH 7,6, taux d'humus 3,6%	PER avec travail réduit du sol ou semis direct avec herbicide depuis 10 ans	compost de déchets verts tous les 2 ans	1 x pois protéagineux, 1 x caméline, 1 x féverole, 1 x gesse, 1 année de trèfle violet
2	Aire la Ville (Charrières)	sol lourd (42% d'argile), pH 7,4, taux d'humus 4,8%			
3	Vandoeuvres (Les Prés Masson)	sol lourd (38% d'argile), pH 7,5, taux d'humus 4,4%	bio depuis 2007	fumier bovin de stabulation (80 t/ha en 2010)	2 années de trèfle violet
4	Thônex (Mapraz)	sol lourd (38% d'argile et 55% de silt), pH 7,6, taux d'humus 3,8%	bio depuis 2000	aucun depuis 2000	3 x pois protéagineux, 3 années de trèfle violet + luzerne (MST 320)
5	Coinsins (Grand Pré 2)	sol très peu profond avec gravier en dessous, 21% d'argile, pH 7,6, taux d'humus 4,8%	bio depuis 2011	compost de déchets verts avant pois en 2011 et 2015 ; fumier composté en 2012; fumier de volaille en 2014	1 x pois protéagineux, 1 x caméline (engrais vert)
6	Champtauroz (Le Plancher)	léger à mi-lourd	bio depuis 2009	5-10 tonnes de compost de déchets verts tous les 2 ans	1 x pois protéagineux, 8 années de luzerne
7	Champtauroz, (Peneyruz)	léger à mi-lourd			8 années de luzerne
8	Vouvry (Parcelle 2)	mi-lourd (22% d'argile)	bio depuis 2011	purin sur prairie temporaire 2011 et 2012, lisier + digestat liquide sur blé 2013 ; fumier de porcs (40m <sup>3</sup> /ha) en février 2015	1 x pois protéagineux, 1 x caméline, 1 x féverole, 1 année trèfle blanc/trèfle d'alexandrie

<sup>1</sup> Soit en cultures principales, soit en engrais verts

Tab. 1b. Description des parcelles de Suisse romande sur lesquelles des échantillons de sol ont été prélevés.

N°	Culture en :					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	tournesol	blé	colza	blé	orge de printemps	féverole
2	blé	orge	colza		orge	pois de printemps / pois fourrager
3		tournesol	prairie temporaire	prairie temporaire	blé	pois-orge d'automne
4	blé	féverole	blé	MST 320	blé	pois – orge de printemps
5	blé d'automne	pois de printemps	blé d'automne	tournesol	blé d'automne	pois - caméline
6	prairie temporaire avec luzerne	betterave rouge	pois + caméline	pomme de terre	blé de printemps	féverole-avoine
7	prairie temporaire avec luzerne	oignons - carottes	maïs grains	pomme de terre	blé d'automne	pois-caméline
8	maïs	prairie temporaire	prairie temporaire	blé d'automne	tournesol	pois-orge

N°	Lieu	Type de sol	Type de production	Apport de matière organique	Cultures de légumineuses 1995-2014 <sup>1</sup>
11	Bünzen (Bünzwinkel)	sol lourd	bio depuis 1990	compost apporté en été 2015	2 x pois protéagineux, 4 x haricots, 6 années de trèfle blanc / trèfle d'alexandrie
12	Wangen b. Dübendorf (Wyder)	sol mi-lourd, très caillouteux	bio depuis 2000	avant chaque semis de blé d'automne, apport de fumier décomposé après charrue ou cultivateur.	3 x pois protéagineux, 11 années de KW 440
13	Hindelbank (Grossenbacher 2015)	sol silteux-sableux, pauvre en humus	bio depuis 1996	aucun	2 x féverole, 6 années de trèfle violet (dans prairie temporaire)
14	Hindelbank (Grossenbacher 2014)	sol sableux-silteux, pauvre en humus	bio depuis 1996	apport de 10 t/ha de fumier en tas sur le labour le 20.10.2014	1 x féverole, 6 années de trèfle violet (dans prairie temporaire)
15	Kirchlindach (Häberli 2015)	sol silteux-sableux, pauvre en humus	bio depuis 2003	divers apports de fumiers et/ou composts pendant ces dernières 20 années	3 x pois protéagineux, 6 années de trèfle violet/luzerne (dans prairie temporaire), 1 x UFA Lepha
16	Kirchlindach (Häberli 2014)	sol silteux-sableux, pauvre en humus	bio depuis 2003		2 x pois protéagineux, 1 x caméline, 5 années de trèfle violet, 3 années de trèfle blanc/trèfle d'alexandrie/luzerne

<sup>1</sup> Soit en cultures principales, soit en engrais verts

N°	Culture en :					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
11	maïs doux	blé d'automne	prairie temporaire	prairie temporaire	maïs doux / haricots	blé d'automne
12	blé d'automne	prairie artificielle	prairie temporaire	prairie temporaire	prairie temporaire	pois protéagineux / orge
13	féverole de printemps	orge	prairie temporaire	prairie temporaire	maïs	pois protéagineux / orge
14	orge d'automne	prairie artificielle	prairie temporaire	maïs ensilage	pois protéagineux/orge	pois protéagineux / orge
15	colza / Lepha (engrais verts)	pommes de terre	prairie temporaire	prairie temporaire	prairie temporaire	pois protéagineux / orge
16	colza / Lepha (engrais verts)	pommes de terre	GPS OH 71	maïs ensilage	pois protéagineux/orge	prairie temporaire

## 22 Test de fatigue des sols

Le test de fatigue des sols décrit par Fuchs et al.<sup>1</sup> a été réalisé avec les échantillons des sols présentés dans les tableaux 1 et 2. Par parcelle, 5 litres de terre ont été placés dans des barquettes en aluminium et traités au four pendant 20 heures à une température de 90°C. Une semaine plus tard, 4 pots (contenance : 1040 ml) ont été remplis avec la terre traitée à la chaleur, et 4 pots avec de la terre non traitée. Par pot, 5 graines de pois (variété Isard) ont alors été semées. Les pots ont été placés dans une chambre climatisée (21°C, 16 heures de lumière). Huit semaines plus tard, les plantes ont été récoltées (fig. 1). Le nombre de plantes survivantes par pot, la hauteur des plantes, le poids frais des racines et des tiges, ainsi qu'une notation de l'état des racines ont été mesurés resp. évalués.



Fig. 1. Vue de l'essai d'évaluation de la fatigue des sols pour le pois protéagineux  
En haut à gauche : vue générale de l'essai. En haut à droite : vue d'une motte de racines.  
En bas à gauche : dépotage des plantes. En bas à droite : nettoyage des racines.

<sup>1</sup> Fuchs, J.G., Thuerig, B., Brandhuber, R., Bruns, C., Finckh, M.R., Fließbach, A., Mäder, P., Schmidte, H., Vogt-Kaute, W., Wilbois, K.-P., Tamm, L., 2014. Evaluation of the causes of legume yield depression syndrome using an improved diagnostic tool. *Applied Soil Ecology* 79, 26-36.

## 3. Résultats

### 31 Test de prévision de la fatigue des sols

#### Sols de Suisse romande

De manière générale, aucun sol de Suisse romande n'a montré de signes importants de fatigue. Aucune différence marquée du poids des plantes (parties aériennes) n'est à observer (fig. 2). De même, la levée des plantes a été relativement bonne dans toutes les terres (fig. 2). Une différence nette a été observée entre le poids des racines des plantes poussant dans le sol traité à la chaleur et celles poussant dans le sol non traité (fig. 2). Toutefois, ceci ne semble pas être dû à des problèmes de fatigue des sols, les racines étant pour la plupart saines également dans les sols non traités (fig. 6) ; il est probable que les nodosités formées par les racines dans les sols non traités permettent une assimilation de fertilisants suffisante sans devoir produire une masse racinaire plus importante (fig. 6).

La plupart des racines croissant dans les sols non traités ont montré de légers brunissements et quelques lésions (fig. 2 et 12), mais pas de manière à ce qu'on puisse parler de nets symptômes de fatigues des sols.

Les résultats de ces tests de fatigue des sols montrent donc un bon état des sols et très peu de risques de fatigue pour la culture des pois en 2015. Les deux sols avec un très léger risque (au vu de la levée des plantes et du poids des pousses) sont les sols 7 et 8, la médiane du poids des plantes dans le sol non traité étant légèrement plus basse que dans le sol traité à la chaleur.

#### Sols de Suisse allemande

Les symptômes de fatigue des sols étaient un peu plus marqués dans les sols testés de Suisse allemande que ceux de Romandie. Les parcelles 12 à 15 ont montré des symptômes moyens de fatigue (fig. 3 et 13 à 16), alors que la parcelle 16 avait clairement des signes de forte fatigue (fig. 3 et 17).

Selon les résultats du test de prévision de fatigue des sols, une culture de pois dans la parcelle 16 est clairement à déconseiller, alors que le développement des plantes dans les parcelles 11 à 15 dépend des conditions météorologiques pendant la culture, des conditions humides favorisant le développement des maladies telluriques du pois.

Ce faible état de fatigue des sols étaient surprenant dans plusieurs parcelles. En effet, on pouvait s'attendre, vu la quantité importante de légumineuses dans la rotation (en particulier dans les engrais verts, a des fatigues plus marquées dans plusieurs parcelles, comme la 1 et la 2. Les mesures prises par l'agriculteur pour favoriser la fertilité de ses champs (cultures associées, apports de composts, etc.) semblent permettre une culture plus fréquente de légumineuses.

## 32 Observation des cultures dans les parcelles de Suisse romande

Ces observations ont été faites dans le courant de l'été 2015 (tab. 3 et 4).

### Sols de Suisse romande

Les cultures de pois ou de féverole étaient, malgré la sécheresse, pour la plupart très belles cultures en 2015, ce qui va dans le sens des tests de prévision de fatigue des sols réalisés. Deux parcelles ont fait exception : la 2 et la 3. Toutefois, les problèmes observés dans ces deux parcelles étaient clairement dus à des problèmes de structure du sol et/ou de sécheresse et pas à des causes biologiques. Il est à ce sujet intéressant d'observer que, dans le biotest, le poids des plantes dans la terre non traitée provenant de la parcelle 2 était plus élevé que dans la terre traitée à la chaleur ; ceci peut arriver dans les terres avec des problèmes structuraux, le traitement à la chaleur ayant tendance à détériorer un peu la structure de sols très lourds.

### Sols de Suisse allemande

Les conditions sèches de 2015 étaient peu favorables au développement des maladies de fatigue des cultures de pois. Ainsi, les cultures des parcelles 12, 13 et 15 ont donné de bons résultats. Dans la parcelle 14, le pois protéagineux a eu quelque peine à se développer au printemps, mais a bien pu se rattraper par la suite, lorsque les conditions sèches ont prédominé.

Les parcelles 11 et 16 n'ont pas eu de pois en 2015. Il faut cependant relever qu'en 2014 les pois dans la parcelle 16 ont eu une croissance très médiocre (pas de croissance du pois), ce qui correspond bien aux résultats obtenus avec le test de fatigue du sol. On put également noter que dans la parcelle 11, les haricots ont mal poussés en 2014 et ont eu un rendement très faible !

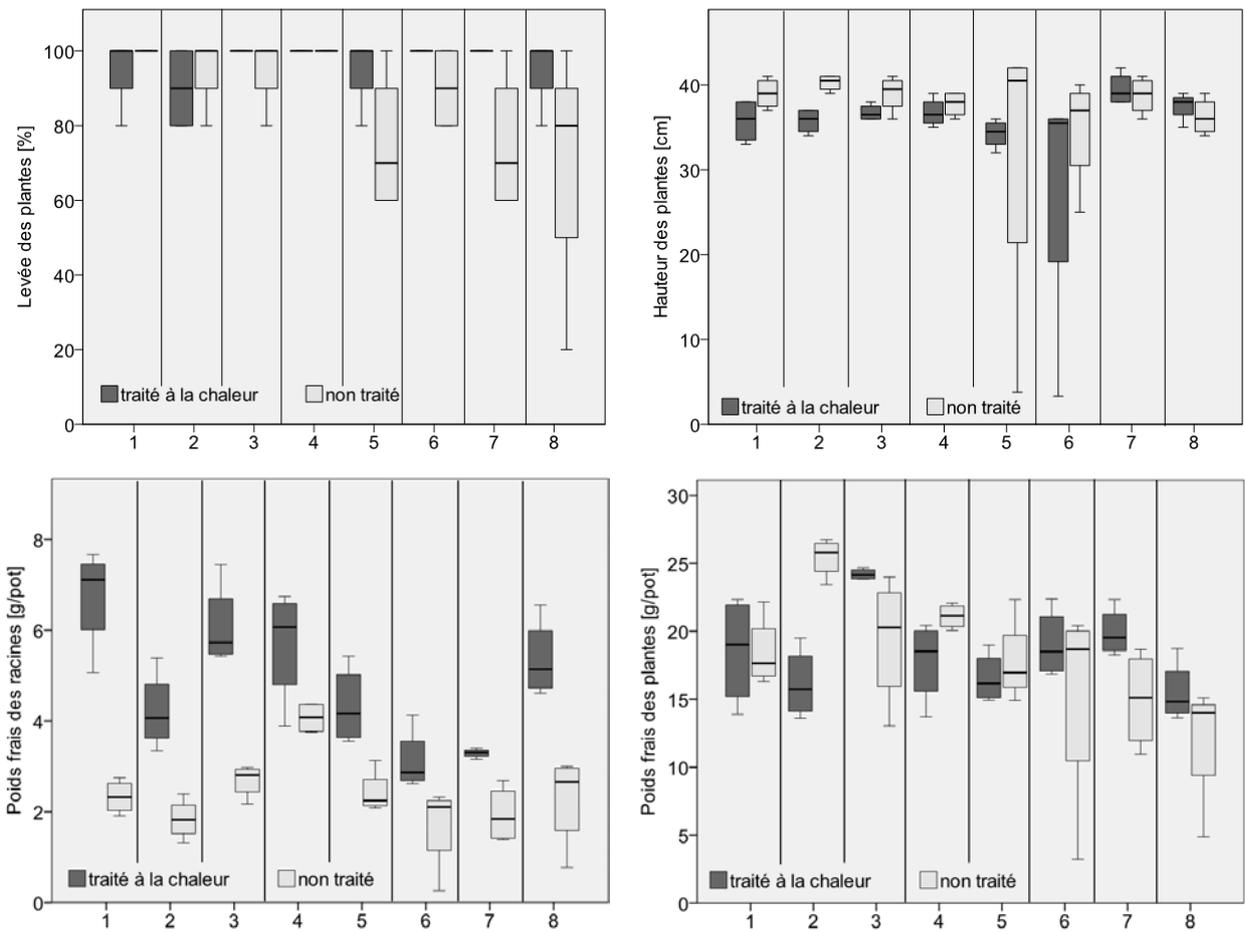
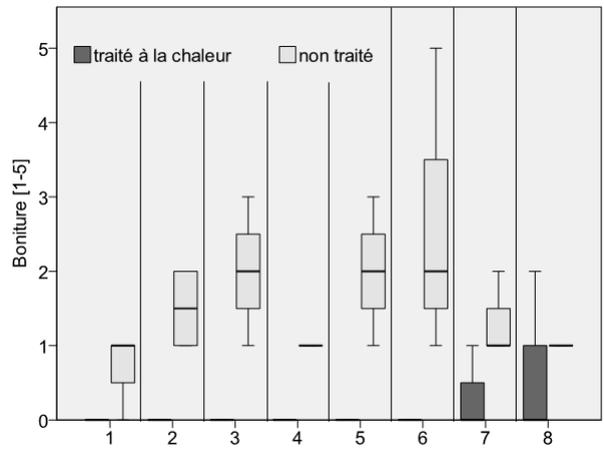


Fig. 2. Influence d'un traitement à la chaleur des sols de Suisse romande (20 heures à 90°C) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).

- Sols :
- 1 : Aire la Ville (Villa Rose)
  - 2 : Aire la Ville (Charrières)
  - 3 : Vandoeuvres (Les Prés Masson)
  - 4 : Thônex (Mapraz)
  - 5 : Coinsins (Grand Pré 2)
  - 6 : Champtauroz (Le Plancher)
  - 7 : Champtauroz (Peneyruz)
  - 8 : Vouvry (parcelle 2)

Boniture des racines : 0 : blanches et saines, 1 : légèrement brunes, 2 : nettement brunes, avec petites lésions, 3 : brunes avec lésions, 4 : lésions importantes, 5 : racines mortes

Chaque box est la résultante de 4 pots avec 5 plantes par pot



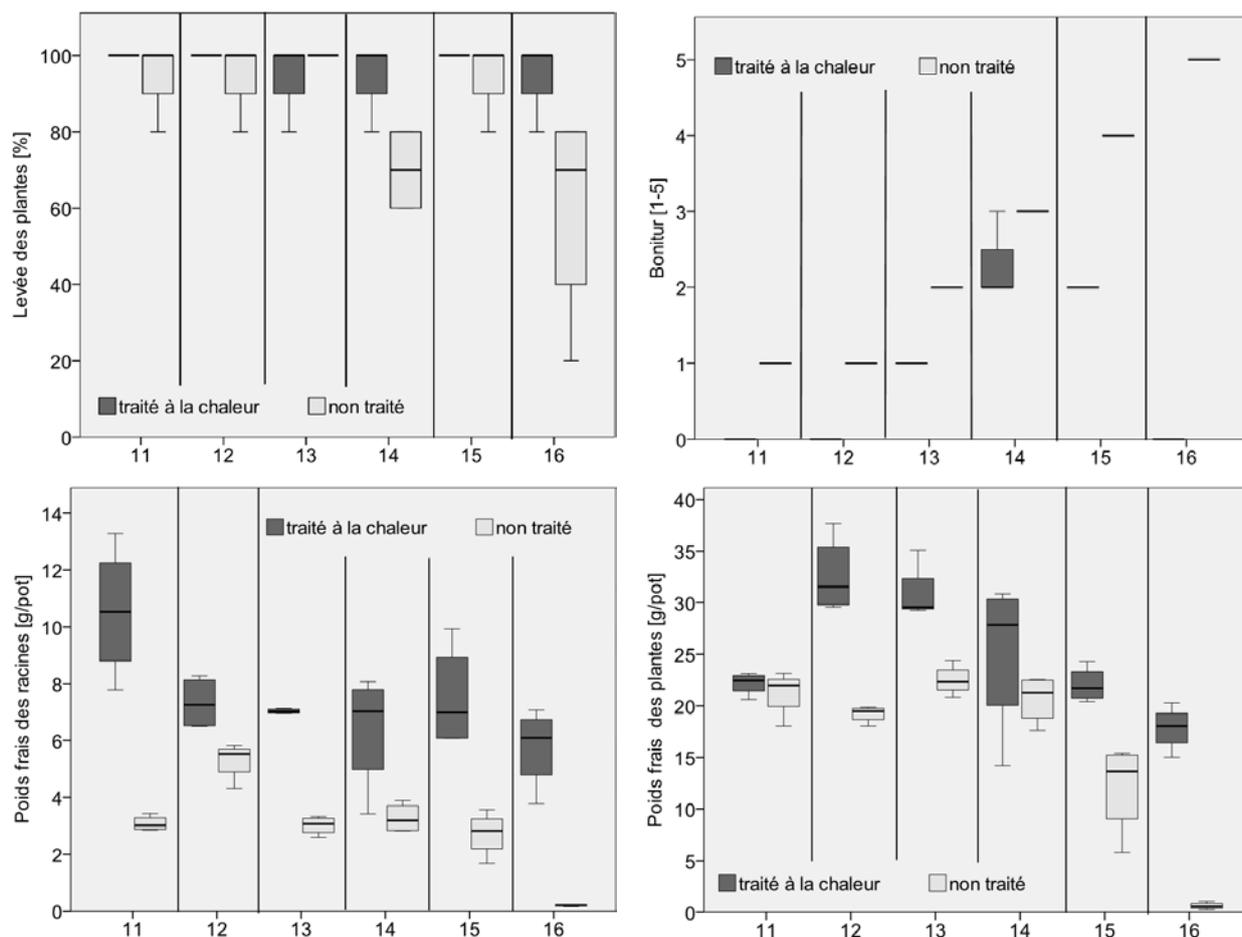


Fig. 3. Influence d'un traitement à la chaleur des sols de Suisse allemande (20 heures à 90°C) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).

Sols : 11 : Bünzen (Bünzwinkel)  
 12 : Wangen b. Dübendorf (Wyder)  
 13 : Hindelbank (Grossenbacher 2015)  
 14 : Hindelbank (Grossenbacher 2014)  
 15 : Kirchlindach (Häberli 2015)  
 16 : Kirchlindach (Häberli 2014)

Boniture des racines : 0 : blanches et saines, 1 : légèrement brunes, 2 : nettement brunes, avec petites lésions, 3 : brunes avec lésions, 4 : lésions importantes, 5 : racines mortes

Chaque box est la résultante de 4 pots avec 5 plantes par pot

Tab. 3. Observations faites sur les parcelles étudiées et sur les cultures en 2015 en Suisse romande.

N°	Lieu	Observations générales de la parcelle	Observations de la culture 2015
1	Aire la Ville (Villa Rose)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol très fertile, excellente parcelle</li> <li>- Bonne activité biologique selon l'analyse du 05.01.2015.</li> <li>- Le taux d'humus a passé de 2,2% en 2004 à 3,6% en 2014.</li> <li>- Pas de bétail, pas de prairie temporaire dans la rotation.</li> <li>- Les légumineuses sont présentes dans la rotation pratiquement chaque année dans les engrais verts complexes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fin juin : La féverole a 2 m de haut et est magnifique, mais les fleurs ont avorté</li> <li>- Rendement : 10 dt/ha</li> </ul>
2	Aire la Ville (Charrières)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol très difficile: structure pas idéale, manque d'air, mouilles dans le champ</li> <li>- Bonne activité biologique, attestée par l'analyse du 05.01.2015.</li> <li>- Le taux d'humus a passé de 2% en 2000 à 4,8% en 2014!</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2015: semis de pois de printemps (a crevé) puis semis de pois fourrager à fin mai (a séché)</li> </ul>
3	Vandoeuvres (Les Prés Masson)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En général le sol de cette parcelle est difficile, battant, à structure défavorable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pois-orge semé le 19.10.2014 sur sol très (trop) humide. De ce fait, le mélange pois-orge a été très mal semé (= presque en surface)</li> <li>- Surtout le pois a très mal hiverné et a beaucoup souffert du sec au printemps.</li> <li>- Fin juin : très peu de pois, peu développés ; peu d'orge, beaucoup de mauvaises herbes</li> <li>- Rendement : 32 dt/ha, dont 15% de pois</li> </ul>
4	Thônex (Mapraz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avant le pois-orge: engrais vert (mélange trèfle d'Alexandrie et phacélie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fin juin : Pois et orge très peu développés à cause de la sécheresse ; beaucoup d'adventices</li> <li>- 19,7 dt/ha, dont 30% de pois</li> <li>- Le résultat de 2015 (avec 30% de pois) n'est pas inintéressant; malgré le sec, le % de pois été dans la moyenne! En 2014, il n'a été que de 20% et il y a eu davantage de pluie!</li> </ul>
5	Coinsins (Grand Pré 2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendements insatisfaisants malgré une fumure organique abondante</li> <li>- La fumure organique semble mal se dégradé / s'intégrer dans le sol</li> <li>- Pas de prairie artificielle depuis 50 ans</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fin juin : belle culture, culture belle. Forte végétation, peu d'adventices</li> <li>- Rendement : 22 dt/ha de pois et 220 kg/ha de pois de senteur</li> </ul>
6	Champtauroz (Le Plancher)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parcelle bien adaptée aux mélanges avec luzerne</li> <li>- Automne 2014 : engrais vert avec le mélange complexe « Nmax rotation » (avec pois de senteur, féverole, ...)</li> <li>- Parcelle avec risques d'érosion marqués</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Après sa levée, la féverole était belle et bien développée. Elle a ensuite souffert de la sécheresse. L'avoine est devenue plus haute que la féverole.</li> <li>- Rendement : 37 dt/ha, dont 25 dt/ha d'avoine et 12 dt/ha de féverole</li> </ul>
7	Champtauroz, (Peneyruz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Automne 2014 : engrais vert avec trèfle d'alexandrie et avoine nue. Puis pâturage, avec dégâts de piétinement. Labour 20cm.</li> <li>- Printemps 2015 : sol étouffé vers 20 cm</li> <li>- Parcelle avec risques d'érosion marqués.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Belle culture de pois, avec bon développement dès le départ. Pas ou très peu d'adventices. Bon rendement malgré la sécheresse.</li> <li>- Rendement: 38 dt/ha de pois.</li> </ul>
8	Vouvry (Parcelle 2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Engrais vert complexe entre blé et trournesol avec pois fourrager, vesce, féverole, phacélie, avoine. Au moins 60% de légumineuses dans le mélange au semis</li> <li>- Prairie temporaire: mélange standard 330M, avec trèfle violet et trèfle blanc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Culture vigoureuse dès le départ, dense, très belle, très propre à la récolte (sauf quelques repousses de tournesol)</li> <li>- Excellent rendement vu l'année 2015 très sèche.</li> <li>- Rendements : 56 dt/ha, dont 35.8 dt/ha orge et 20.2 dt/ha pois</li> </ul>

Tab. 4. Observations faites sur les parcelles étudiées et sur les cultures en 2015 en Suisse allemande.			
N°	Lieu	Observations générales de la parcelle	Observations de la culture 2015
11	Bünzen (Bünzwinkel)	- haricots en 2014 avec peu de rendement, faible croissance et feuilles vert claires	- blé d'automne avec développement normal
12	Wangen b. Dübendorf (Wyder)	- L'exploitant rapporte avoir souvent des rendements faibles dans ses cultures de pois. Il présume que la forte quantité de prairie artificielle dans la rotation en est la cause.	- Fin juin : belle culture de pois protéagineux. - Rendement : 32 dt/ha, dont 50% pois et 50% orge
13	Hindelbank (Grossenbacher 2015)	- Pas de levée d'adventices tardive, probablement à cause de la sécheresse	- Fin juin : belle culture de pois protéagineux. - Rendement : 45 dt/ha - Rapport pois : orge = 5 : 3
14	Hindelbank (Grossenbacher 2014)	- Culture 2014 : rendement 32 kg/ha dont 20% de pois protéagineux et 80% d'orge. L'été très humide a conduit dans les mouilles à une perte totale de la culture.	- Fin juin : pois protéagineux relativement faible, mais se sont bien développés jusqu'à la récolte - En 2015, seuls 20 m <sup>2</sup> de pois/orge ont été semés (pas de mesure de la récolte). L'état de la culture était moyen.
15	Kirchlindach (Häberli 2015)		- Fin juin : très belle culture, tout comme à la récolte - Rendement : 43 dt/ha (dont 50% de pois protéagineux et 50% d'orge).
16	Kirchlindach (Häberli 2014)	- Culture pois/orge de 2014 : bonne récolte sur la moitié de la parcelle, pas de croissance de pois sur l'autre moitié (claire délimitation). Cause possible : intolérance avec le mélange GPS de 2012 qui contenait des pois et des pois de senteur.	

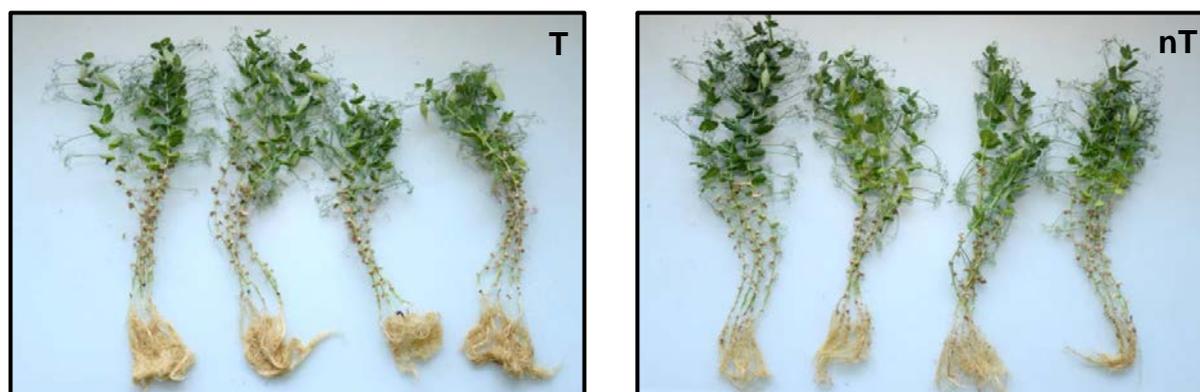


Fig. 4. Influence d'un traitement à la chaleur du sol 1 (Aire la Ville, Villa Rose) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).  
T : sol traité à la chaleur (20 heures à 90 °C). nT : sol non traité



Fig. 5. Influence d'un traitement à la chaleur du sol 2 (Aire la Ville, Charrières) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).  
T : sol traité à la chaleur (20 heures à 90 °C). nT : sol non traité

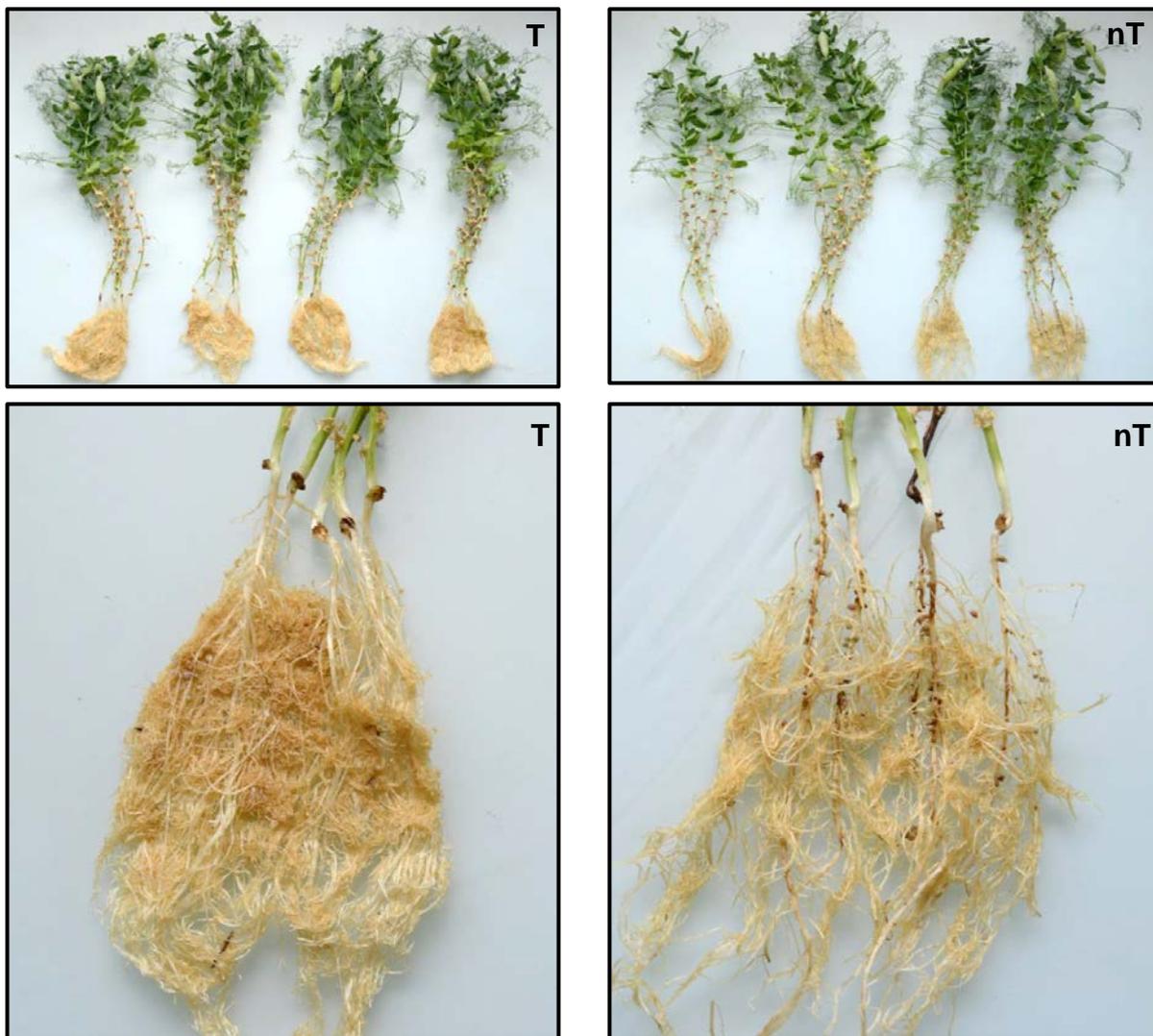


Fig. 6. Influence d'un traitement à la chaleur du sol 3 (Vandoeuvres) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).  
 T : sol traité à la chaleur (20 heures à 90 °C). nT : sol non traité

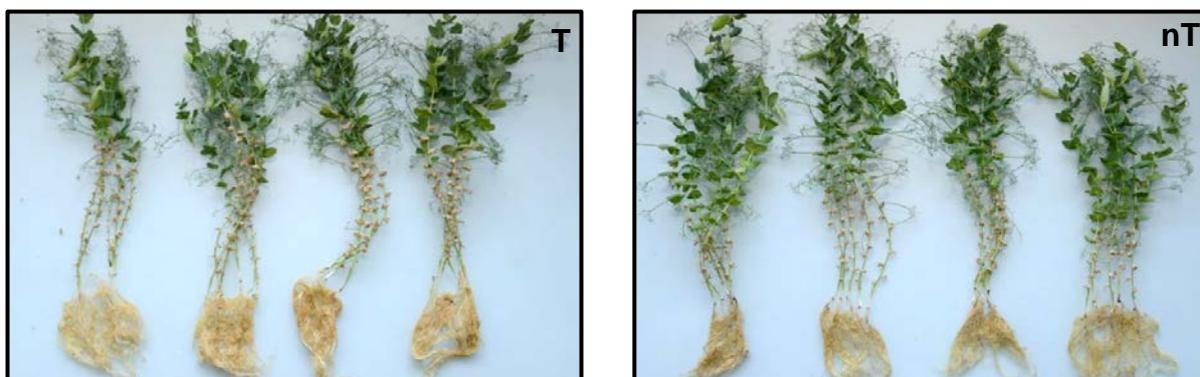


Fig. 7. Influence d'un traitement à la chaleur du sol 4 (Thônex) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).  
 T : sol traité à la chaleur (20 heures à 90 °C). nT : sol non traité



Fig. 8. Influence d'un traitement à la chaleur du sol 5 (Coinsins) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).

T : sol traité à la chaleur (20 heures à 90 °C). nT : sol non traité



Fig. 9. Influence d'un traitement à la chaleur du sol 6 (Champtauroz, Rte de Vuissens) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).

T : sol traité à la chaleur (20 heures à 90 °C). nT : sol non traité



Fig. 10. Influence d'un traitement à la chaleur du sol 7 (Champtauroz, La Gaité) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).

T : sol traité à la chaleur (20 heures à 90 °C). nT : sol non traité.



Fig. 11. Influence d'un traitement à la chaleur du sol 8 (Vouvry) sur la croissance de pois protéagineux (variété Isard).  
T : sol traité à la chaleur (20 heures à 90 °C). nT : sol non traité.



Fig. 12. Vue des racines des plantes de pois protéagineux (variété Isard) croissants dans le sol 11 (Bünzen, Bünzwinkel) traité à la chaleur (T) ou non traité (nT).



Fig. 13. Vue des racines des plantes de pois protéagineux (variété Isard) croissants dans le sol 13 (Wangen b. Dübendorf, Wyder) traité à la chaleur (T) ou non traité (nT).



Fig. 14. Vue des racines des plantes de pois protéagineux (variété Isard) croissants dans le sol 13 (Hindelbank, Grossenbacher 2015) traité à la chaleur (T) ou non traité (nT).



Fig. 15. Vue des racines des plantes de pois protéagineux (variété Isard) croissants dans le sol 14 (Hindelbank, Grossenbacher 2014) traité à la chaleur (T) ou non traité (nT).



Fig. 16. Vue des racines des plantes de pois protéagineux (variété Isard) croissants dans le sol 15 (Kirchlindach, Häberli 2015) traité à la chaleur (T) ou non traité (nT).



Fig. 17. Vue des racines des plantes de pois protéagineux (variété Isard) croissants dans le sol 16 (Kirchlindach, Häberli 2014) traité à la chaleur (T) ou non traité (nT).

## 4. Conclusions

Les sols de Suisse caractérisés lors de ce projet étaient pour la grande majorité peu concernés par des problèmes de fatigue du sol des légumineuses. Toutefois, les résultats des tests de prévision de la fatigue des sols montrent des risques plus élevés sur les parcelles Suisse allemandes étudiées. En particulier un sol a montré, lors des biotests, des symptômes importants (le sol 16), et ces résultats confirment bien les problèmes observés sur cette parcelle en 2014. Le nombre de sols testés est très restreint, il n'est donc pas possible de tirer une conclusion générale sur le risque de fatigue des légumineuses en Suisse.

De manière générale, on peut confirmer que le test de fatigue du sol a donné des résultats intéressants pouvant être utiles à l'agriculteur pour le choix des cultures en fonction de ses parcelles. Les conditions sèches de 2015 n'ont pas favorisé le développement des maladies, et il serait intéressant de répéter cet essai une autre année afin de valider le biotest également lors d'une année humide.

Il est intéressant de noter que le problème de fatigue des sols dû aux légumineuses semble bien nettement aigu que ce que l'on peut observer en Allemagne. Deux raisons principales peuvent en être la cause : d'une part probablement un peu moins de cultures de légumineuses dans la rotation en Suisse, et d'autre part surtout le fait que ces cultures sont généralement conduites en association, ce qui pourrait avoir une forte influence sur le développement des problèmes de fatigue du sol. En ce qui concerne les engrais verts, ils sont, en Suisse, de plus en plus souvent constitués de mélanges complexes, ce qui probablement diminue le risque. En Allemagne, on rencontre, contrairement à chez nous, un certain nombre de prairies temporaires à base de trèfle blanc pur, de trèfle violet pur ou de luzerne pure. Ceci pourrait aggraver la problématique de la fatigue des sols des légumineuses. Il faut toutefois souligner que ce ne sont que des tendances non étayées par une étude comparative systématique entre l'Allemagne et la Suisse, les cas étudiés actuellement étant encore trop peu nombreux.

## Remerciements

Les auteurs remercient Bio Suisse pour le soutien financier de cette étude ainsi que les agriculteurs des parcelles étudiées pour leur fructueuse collaboration

## Zusammenfassung

Im intensiven Konservenerbsenanbau ist die Leguminosenmüdigkeit schon lange bekannt. Im Ackerbau sind wir im Gegensatz zu Deutschland bisher verschont geblieben. Es ist anzunehmen, dass auch in der Schweiz mit zunehmendem Anbau von Eiweisserbsen und Ackerbohnen vermehrt Probleme auftauchen können. In der Schweiz werden zudem noch häufig Zwischenfrüchte mit Leguminosen und Kunstwiesenbestände in die Fruchtfolge eingebaut, die als Zwischenwirt dienen können. Allerdings werden diese im Gegensatz zum Ausland in der Regel in Mischkulturen angebaut und nicht als Reinkultur Weissklee, Luzerne oder Rotklee. Verschiedentlich werden gelbe und keimschwache Bestände untergepflügt oder bei gestauchten Beständen wird die Ursache meistens bei der Bodenbearbeitung gesucht. Oft ist nach anfänglich guten Resultaten bei Eiweisserbsen und Ackerbohnen ein Ertragseinbruch festzustellen, der nicht erklärt werden kann. Am FiBL wurde ein Test zur Bestimmung der Leguminosenmüdigkeit (Differenzialmethode, siehe <http://www.bodenfruchtbarkeit.org>) entwickelt. Mit Hilfe dieses Tests können schwache Bestände oder Bestände, die nicht recht auflaufen auf Leguminosenmüdigkeit überprüft werden. Bei ersten Anzeichen müssen gezielte Massnahmen ergriffen werden wie Umstellung der Fruchtfolge oder Befreiung der Parzelle von Leguminosen während 10 Jahren. Das Ziel dieses Projektes ist diese Methodik zu überprüfen und in die Praxis einzuführen und einen ersten Überblick über die Situation in der Schweiz zu geben.

Das FiBL hat auf 8 Betrieben in der Westschweiz und 6 Betrieben in der Deutschschweiz mit einem hohen Anteil an Körnerleguminosen Bodenproben genommen und den Test auf Leguminosenmüdigkeit durchgeführt. Die Betriebe waren uns unter anderem vom Projekt Mischkulturen bekannt und wurden von uns angefragt. Gleichzeitig wurden von allen Betrieben die Felddaten des betroffenen Schlages und die Fruchtfolge erhoben. Der Test ist präventiv, d.h. er sollte auf Parzellen durchgeführt werden, auf denen Körnerleguminosen als Hauptkultur folgen. Bei Anzeichen auf Leguminosenmüdigkeit muss dann auf der betreffenden Parzelle mit dem Anbau von Leguminosen 10 Jahre zugewartet. Gewisse Betriebe haben aber auch ein gestauchtes Wachstum bei ihren Erbsen festgestellt und sind dadurch verunsichert und wissen nicht, ob es sich um ein Bodenstrukturproblem oder um Leguminosenmüdigkeit handelt. Auch bei solchen wurde der Test in der Retrospektive aufgenommen.

Von den Betrieben in der Westschweiz wiesen 2 Betriebe auf einer bestimmten Parzelle geringe Anzeichen von Leguminosenmüdigkeit auf. Auf diesen beiden Parzellen war es nicht klar, warum eine leichte Leguminosenmüdigkeit auftrat, denn die Anbaudaten wiesen auf keine wirkliche Gefahr hin. In der Deutschschweiz hat ein Betrieb im Kanton Bern deutliche Probleme mit Leguminosenmüdigkeit. Dieser Betrieb hat Erbsen nach einer

mehrfährigen Kunstwiese angebaut. Eventuell war das der Grund, dass es zu einer Leguminosenunverträglichkeit kam. Diesem Betrieb wurde empfohlen, auf der entsprechenden Parzelle eine Anbaupause von 10 Jahren einzulegen.

Die Anzahl entnommenen Proben war gesamthaft gering, denn die Arbeit für die Aufbereitung der entnommenen Proben im Labor ist ziemlich hoch. Der Test sollte auf einer neuen Serie von verdächtigen Böden wiederholt werden, um eine sichere Einschätzung der Situation in der Schweiz machen zu können und um die Methodik noch zu verbessern. Einen entscheidenden Einfluss hat auch die Niederschlagsverteilung über das Jahr. In feuchten Jahren ist damit zu rechnen, dass sich die Krankheit schneller verbreitet als in trockenen Jahren.

Aktuell scheint das Problem der Leguminosenmüdigkeit in der Schweiz noch nicht so verbreitet zu sein. Wir müssen aber die Landwirte aufklären und auf der Hut sein. In Zukunft könnte dieses Problem besonders auf viehlosen Betrieben mit hohem Körnerleguminosenanteil aktuell werden.