Engrais verts d'hiver en maraîchage biologique sous abri : Mélanges de graminées et légumineuses en période froide

Hélène VEDIE – Edouard GILET (stagiaire) – Abderraouf Sassi

1- OBJECTIFS ET CONTEXTE :

Les engrais verts font partie intégrante de la gestion de la fertilité des sols, pilier fondamental du mode de production en agriculture biologique. Ceux-ci permettent notamment d'introduire une biodiversité « inter-culturale » dans les rotations, et de contribuer au maintien et à l'amélioration des qualités agronomiques et structurales des sols.
En maraîchage, le créneau principal pour introduire les engrais verts en plein champ est l'automne-hiver. Les références sur le choix des engrais verts sur ce créneau sont assez nombreuses, à la fois dans les systèmes de grandes cultures et en maraîchage. Cependant les références sur les performances de plantes appartenant à la famille des légumineuses sur ce créneau restent relativement limitées en maraîchage. Les légumineuses présentent pourtant le double avantage de pouvoir améliorer la disponibilité en azote « gratuit » du sol, et de permettre une bonne coupure dans la succession des cultures maraîchères car elles sont assez peu présentes dans les rotations.
De précédents essais conduits au GRAB sur ce créneau (voir compte-rendu L05/PACA01 et L14/PACA10A) ont montré l'intérêt de mélanges à base de graminées (RGI, seigle) et de légumineuses (vesce, pois fourrager, trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie). En 2015, un nouvel essai a été implanté mais sous abri froid uniquement, la parcelle plein champ n'étant pas disponible pour assurer un suivi des effets sur la culture de printemps suivante. L'essai ayant été semé en période froide cette année, il était également intéressant d'évaluer d'autres graminées qui peuvent être intéressantes sur un créneau hivernal.
Les objectifs de cet essai sont donc :

- d'améliorer les références sur le choix des engrais verts d'hiver en maraîchage,
- d'évaluer le comportement agronomique de certaines légumineuses en période froide,
- de mesurer l'effet des mélanges graminées + légumineuses sur une culture de printemps (voir compte-rendu L 15 PACA 10B).

2- MATERIEL ET METHODES :

2.1 Dispositif expérimental :

Site : 2 tunnels froids de la station du GRAB, 8 x 50m :
- tunnel T3 de 8 x 50 m, précédent patate douce
- tunnel T4, précédent poivron

Sol limono-argileux calcaire profond développé dans des alluvions de la Durance

Dispositif : T3 – Effet de graminées + légumineuses sur culture suivante

Essai à 4 modalités, 2 répétitions.
- 1 : modalité référence « seigle + vesce commune », correspondant à la pratique courante des maraîchers sur le créneau hivernal,
- 2 : modalité témoin graminée seule : seigle
- 3 : modalité « RGI + trèfle incarnat ».
- 4 : modalité légumineuses seules : « Féverole + trèfle Incarnat »

T4 – Evaluation de différents mélanges – screening de graminées hivernales

Essai à 8 modalités, pas de répétitions.
- 1 : modalité référence « seigle + vesce commune » (présente dans les 2 tunnels)
- 3 : « RGI + trèfle incarnat » (présente dans les 2 tunnels)
- 5 : « seigle + trèfle incarnat »
- 6 : « Blé + trèfle Incarnat »
- 7 : « Avoine + trèfle incarnat »
- 8 : « RGI + vesce »

- 9 : « Avoine + vesce ».
- 10 : modalité légumineuse seule : « Trèfle Incarnat »

Les différentes espèces évaluées dans cet essai, seules ou en mélange, sont présentées dans le tableau 1. L'ensemble des modalités et les doses de semis utilisées figurent dans le tableau 2.

FAMILLE	Espèce, nom d'usage	*Espèce, nom latin*	*Variété*	*Semencier*
POACEES (graminées)	**Seigle** fourrager	*Secale cereale*		Agrosemens
	Blé	*Triticum aestivum*	Clément	Caussade
	Avoine		**Max**	Agrosemens
	Ray-grass d'Italie	*Lolium multiflorum*	**Nibbro (diploïde non alternatif)**	
FABACEES	**Vesce commune d'hiver**	*Vicia sativa*	**Berninova**	Agrosemens
	Trèfle Incarnat	*Trifolium incarnatum*	**Tardivo**	
	Féverole d'Hiver	*Vicia faba*		

<u>Tableau 1</u> : Espèces et variétés présentes dans l'essai (en gras semences **AB**)

Tunnel 3			Tunnel 4		
N°	MODALITE	Dose de semis (kg/ha)	N°	MODALITE	Dose de semis (kg/ha)
1	Seigle + Vesce commune	60 + 20	1	Seigle + Vesce commune	60 + 20
2	Seigle	120	3	RGI + Trèfle Incarnat	20 + 15
3	RGI + Trèfle Incarnat	20 + 15	5	Seigle + Trèfle Incarnat	60 + 15
4	Féverole + trèfle incarnat	100 + 15	6	Blé + Trèfle Incarnat	60 + 15
			7	Avoine + Trèfle Incarnat	60 + 15
			8	RGI + Vesce commune	20 + 20
			9	Avoine + Vesce commune	60 + 20
			10	Trèfle Incarnat	30

graminée
légumineuse
graminée + légumineuse

<u>Tableau 2</u> : Modalités de l'essai

Parcelles élémentaires :
Dans chaque tunnel : 8 parcelles de 40 m² (10 mètres linéaires x 4 mètres de large), soit une surface totale de l'essai de 640 m²
Le plan de l'essai figure en annexe 1.

2.2 <u>Conditions de culture :</u>

Semis : 8 janvier 2015. Semis à la volée, enfouissement superficiel à la herse rotative (2 cm environ), rappuyage au rouleau. Semis suivi d'une aspersion d'une heure.
Irrigations régulières par aspersion pour assurer la levée dans le tunnel, plus espacées ensuite.
Durée de culture : 3 mois

2.3 <u>Mesures et observations :</u>

- **Climat** : mesures de la température ambiante et de la température du sol à 20 cm.
- **Observations du développement des plantes** :

  <u>Croissance</u> : mesures des hauteurs, stades, répartition des différentes espèces dans les mélanges (en %) et de la proportion d'adventices

  <u>Etat sanitaire</u> : observation de la présence éventuelle de maladies et ravageurs

- **Mesures à la récolte** : le 2 avril 2015, soient 84 jours après semis

  <u>Rendement</u> : mesure des biomasses fraîches et sèches des engrais verts : récolte de 2 (T3) à 3 (T4) placettes de 0,25 m^2 (carré de 0,5 m de côté) par parcelle élémentaire. Biomasse de chacune des espèces et des adventices dans chaque placette.

  <u>Teneur en Azote</u> des engrais verts et rapport C/N (tunnel 3)

Observation des <u>systèmes racinaires</u>

- **Suivi post engrais vert :** sur culture de melon charentais dans le T3.

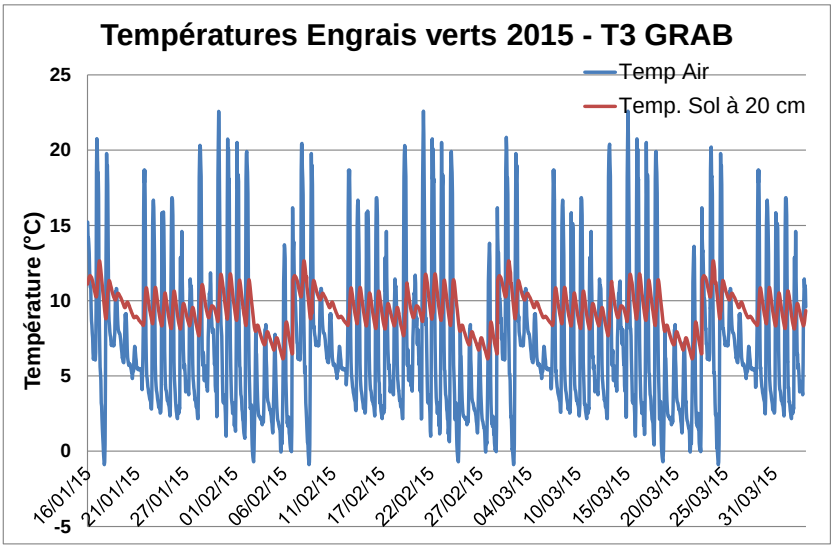
3- RESULTATS

3.1 Climat :

Les engrais verts ont poussé pendant la période la plus froide de l'année, avec des amplitudes thermiques importantes entre le jour et la nuit, où la température ambiante est descendue en dessous de 0°c à plusieurs reprises.

La température ambiante moyenne pendant la durée de culture est de 6,9°C, et la température du sol moyenne à 20 cm de profondeur est 9,4°C.

Les engrais verts ont été arrosés par aspersion avec une hauteur d'eau totale apportée de 130 mm.



Graphique 1 : Températures air et sol (à 20 cm) pendant la culture des engrais verts- hiver 2015

3.2 Développement des engrais verts :

Couverture de sol – Compétition face aux adventices (évaluation qualitative)

L'évolution de la couverture végétale a été notée pendant la croissance en évaluant la présence des adventices dans chaque modalité. Dans cet essai réalisé en période froide, on constate que les légumineuses ont eu du mal à se développer : le trèfle incarnat a bien germé mais a eu sa croissance stoppée au stade cotylédons tout l'hiver, pour ne redémarrer qu'au printemps, et la vesce commune qui a été longue à démarrer commence véritablement sa croissance plus d'un mois après semis (tableau 3). La féverole semble moins souffrir des conditions froides mais son développement est lent, et de nombreuses graines restées en surface n'ont pas germé. De ce fait, les 2 modalités légumineuses seules sont progressivement occupées par les adventices, largement représentées par les capselles bourse à pasteur (*capselle bursa-pastoris*).

Les graminées testées dans l'essai se sont beaucoup mieux comportées avec un développement régulier, même en période froide. Le seigle, le RGI et l'avoine couvrent rapidement le sol ; le blé se développe globalement plus lentement et est moins couvrant, laissant aux adventices le loisir de se développer davantage (environ 10% du couvert).

Le développement est hétérogène au sein des tunnels. L'irrigation a été un peu limitante, notamment dans le T4 où les plantes sont plus développées sous les ouvrants, et dans ce même tunnel, on note que l'azote a également été limitant, avec des plantes moyennement vigoureuses, plutôt claires, et une croissance parfois hétérogène.



Seigle + vesce commune



Seigle



Féverole + Trèfle I



RGI + Vesce commune *Trèfle Incarnat* *Vue d'ensemble du tunnel 3*

Figure 1 : Photos des Engrais verts le 2 avril 2015 (S+84 j)

N°	MODALITE	Couvert à S+21 j (29/01/2015)	Couvert à S+35 j (12/2/2015)	Couvert à S+60j (9/03/2015)	Couvert à S+84 j (2/04/2015 : récolte)
1	Seigle + Vesce commune	Bonne levée du seigle– vesce absente	Le seigle se développe bien. La vesce a démarré sa croissance	Joli couvert	Proportion d'environ 60 % seigle et 40% vesce H seigle = 30-40 cm H vesce = 40-45 Très peu d'adventices
2	Seigle	Bon développement	Bon développement	Bonne couverture	Couvert très dense mais hauteur hétérogène (vagues),35 à 40 cm en moyenne. Pas d'adventices
3	RGI + Trèfle Incarnat	Bonne levée du RGI. Le Trèfle Incarnat a bien germé mais pousse peu (stade cotylédons)	Bon développement du RGI mais le trèfle pousse peu	Bonne couverture assurée par le RGI. Le trèfle est quasi absent	Couvert dense avec 80 à 90% de RGI. Le trèfle s'est enfin développé. Hauteur hétérogène, 40 à 50 cm en moyenne pour le RGI, 15 cm pour le trèfle. Pas d'adventices
4	Féverole + Trèfle I	Quelques plants de féverole mais nombreuses graines non germées en surface. Trèfle I idem 3	La féverole se développe bien mais peu d'évolution des graines restées en surface. Le trèfle pousse très peu	Peu de plantes présentes, et trèfle très peu développé : les adventices se développent (capselle bourse à Pasteur)	Couvert peu développé et hétérogène. Mélange d'environ 40% de féverole, 30% de trèfle et 30% d'adventices (capselle essentiellement, chardon, chénopode, véronique, armoise)
5	Seigle + Trèfle I	Les 2 espèces sont bien présentes	Bon développement du seigle	Bonne couverture assurée par le seigle. Le trèfle est peu présent	Plus de 80% de seigle. Rares adventices
6	Blé + Trèfle Incarnat	Bonne levée mais le blé est peu dense	Le développement du blé est limité ; couvert pas assez dense	Le blé ne couvre pas suffisamment : développement des adventices	Mélange de 80% de blé (H=40cm), 10% de trèfle (H=15 cm) et 10% adventices (surtout capselle, quelques véroniques et graminées)
7	Avoine + Trèfle Incarnat	L'avoine de développe bien, de façon similaire au seigle	Bon développement de l'avoine	Le couvert est hétérogène, mais l'avoine se développe bien. Le trèfle est toujours peu présent	Mélange de plus de 90% d'avoine (H=60cm), quelques rares trèfles et quelques capselles peu développées
8	RGI + vesce	Bonne levée du	Bon	Joli couvert	Mélange de 80% de RGI et

		RGI, vesce absente	développement du RGI, la vesce a démarré sa croissance		20% de vesce. Les 2 espèces mesurent 45 cm
9	Avoine + vesce	L'avoine se développe bien, vesce absente	L'avoine se développe bien, la vesce pousse	Bon développement des 2 espèces, mais couverture un peu faible	Mélange assez équilibré avec environ 50% de chaque espèce. L'avoine est moins développée que dans la modalité 7, elle mesure 40 cm. Rares adventices
10	Trèfle Incarnat	Le Trèfle Incarnat a bien germé mais pousse peu (stade cotylédons)	Le Trèfle Incarnat pousse très peu	Très peu de trèfle (20%) : les adventices occupent la parcelle (capselle en majorité)	Le trèfle incarnat ne représente pas plus de 20% de la couverture, majoritairement constituée d'adventices (capselles surtout, armoise, chénopode, chardon…)

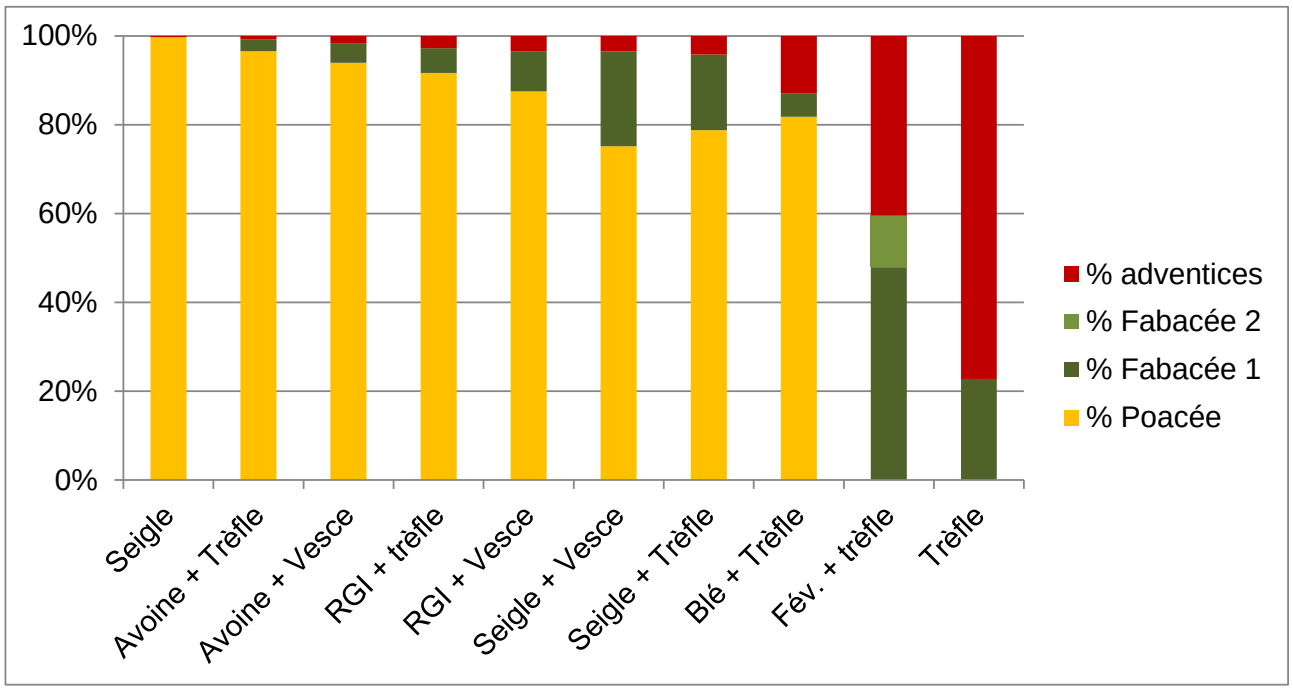
Tableau 3 : Evolution de la couverture végétale au cours du temps. Estimation visuelle de la proportion d'adventices et de chacune des espèces

Proportions des espèces (évaluation qualitative)

Les légumineuses ayant été pénalisées par les températures froides, elles sont assez peu représentées dans les mélanges ou laissent s'installer les adventices. Seule la vesce rattrape en partie son retard en fin de culture, et atteint entre 20 et 50% de la couverture (tableau 3). Le ray-grass d'Italie s'avère plus concurrentiel que le seigle ou l'avoine car la vesce est moins présente dans la modalité 8. Le trèfle Incarnat est quant à lui très peu présent dans les mélanges, entre moins de 5% et 15% environ. Il a donc visiblement souffert des conditions froides de 2015 avec un semis de début janvier, car il s'était développé rapidement et avait bien couvert le sol lors de l'essai réalisé à l'automne 2013 avec un semis en octobre (voir L 14 PACA 10A).

Evaluation quantitative des mélanges : espèces et adventices

A la récolte, les différentes espèces des mélanges et les adventices ont été pesées séparément de façon à avoir les proportions des différentes plantes dans la biomasse brute. Les résultats figurent dans le graphique 2.
La biomasse d'adventices mesurée confirme les observations visuelles en cours de culture. Il y a en général très peu d'adventices dans les couverts avec des graminées, de 0 à 4% pour la plupart, sauf pour le couvert de blé et trèfle, moins couvrant, où la proportion d'adventices atteint 13%. Pour les modalités légumineuses seules, les adventices atteignent 40% de la biomasse dans le mélange féverole + trèfle, et presque 80% dans la modalité trèfle seul. Statistiquement, la proportion d'adventices est significativement supérieure pour les modalités légumineuses seules, et dans une moindre mesure dans la modalité blé+trèfle, que dans les autres.
Dans les mélanges graminées+légumineuses, les proportions des espèces sont assez variables. Lorsque le développement des plantes semblait équilibré comme dans le mélange seigle + vesce, la vesce ne représente que 21% de la biomasse. C'est la meilleure proportion de nos mélanges, mais c'est beaucoup moins que ce que nous avions obtenu en 2013 en période plus douce, avec 38% de vesce. Le seigle est la graminée la moins concurrentielle, avec une proportion de légumineuse de l'ordre de 20%, significativement plus importante que dans les associations avec les autres graminées. Dans les autres mélanges, la proportion de légumineuses n'excède pas 9%, même dans le mélange avoine + vesce qui semblait visuellement équilibré.



Graphique 2 : Proportions des différentes espèces et des adventices dans la biomasse fraîche à la récolte (3 mois de culture)

3.3 Productivité des couverts et teneurs en azote :

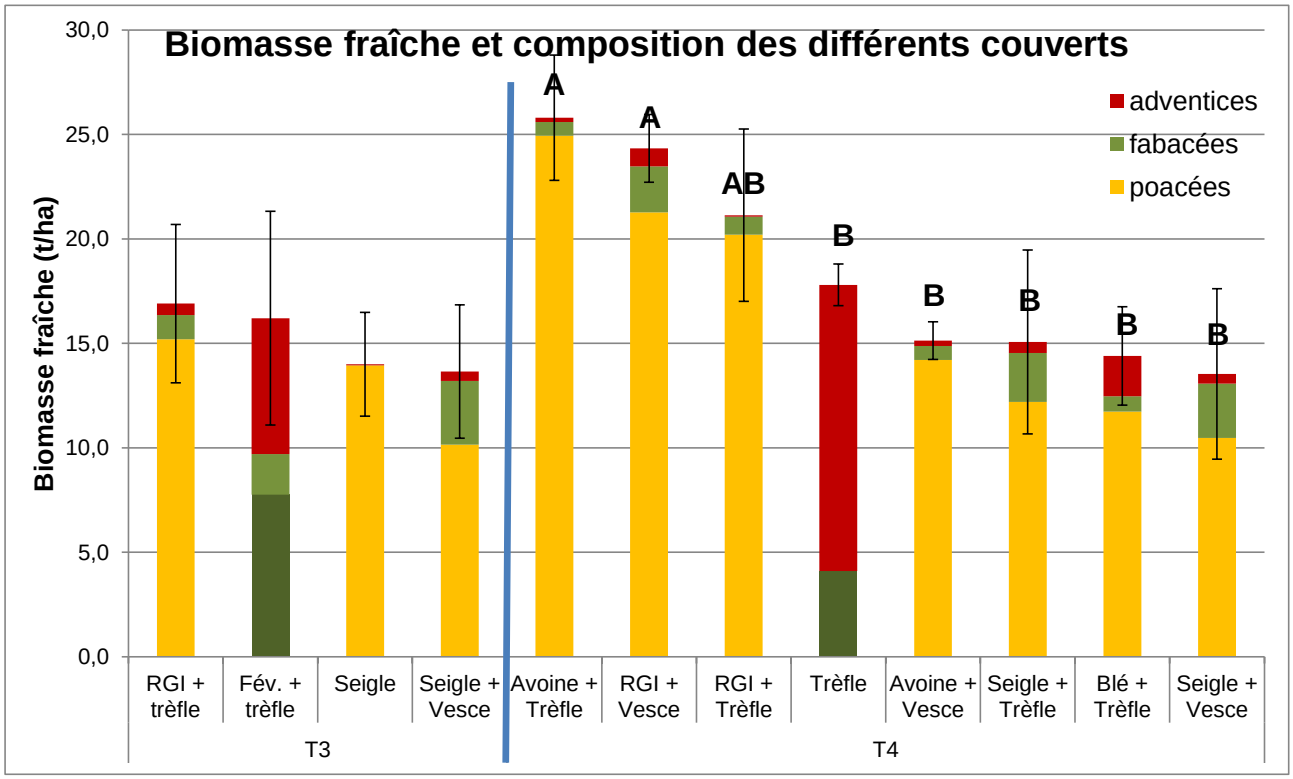
Le rendement en matière fraîche (MF) à l'hectare des différents couverts varie de 13,7 tonnes à plus de 25 tonnes (graphique 3), ce qui est relativement faible en comparaison des résultats obtenus habituellement pour des couverts d'automne-hiver, mais qui sont logiques vus la période et le climat de l'essai réalisé cette année. Il n'y a pas de différence significative de biomasse totale fraîche entre les modalités du tunnel 3, mais les adventices représentent 40% de cette biomasse dans le mélange féverole+trèfle. Dans le tunnel 4, les mélanges à base de Ray-grass Italien atteignent les biomasses fraîches et sèches les plus élevées, avec environ 4 tMS/ha (graphiques 3 et 4), les mélanges à base de seigle et de blé, les biomasses les plus faibles, de l'ordre de 2,8 tMS/ha, alors que l'avoine donne des résultats très différents entre les 2 modalités où elle est présente, sans doute dûs à une hétérogénéité au sein du tunnel et bien visibles en cours de croissance (tableau 3). Les teneurs en matière sèche varient du simple au double, avec la teneur la plus basse, 11,2% pour le mélange féverole+trèfle, et la plus élevée, 24,9% pour le mélange avoine+trèfle (tableau 4). Le rendement en matière sèche (MS) obtenu à l'hectare varie entre 1,8 tonnes et 5 tonnes.

On note la différence de rendement en matière sèche entre les 2 tunnels pour les 2 modalités communes, seigle+vesce et RGI+trèfle. Celle-ci est essentiellement liée à une teneur en matière sèche qui est supérieure d'environ 3,5% dans le T4. La différence est probablement liée à une durée de culture supérieure d'une semaine pour le T4, et peut-être aussi à une irrigation moins importante dans ce tunnel comme nous avons pu le constater pendant la culture (voir 3.2)

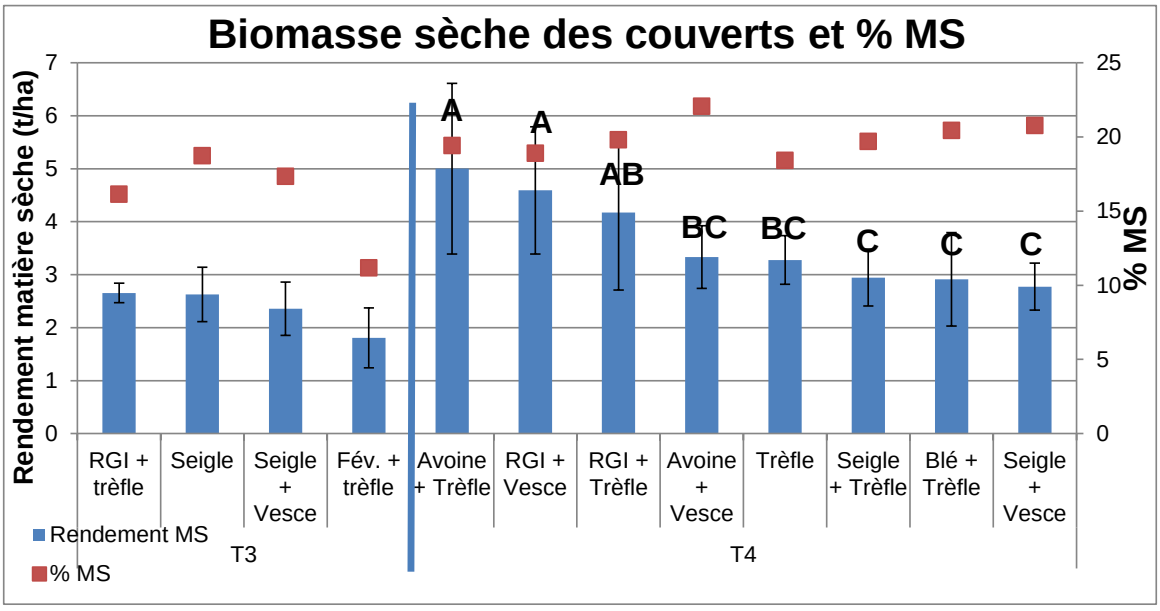
Teneurs en azote des couverts

La teneur en azote des engrais verts n'a été mesurée que pour les couverts du tunnel 3, dont l'effet sera suivi sur la culture suivante. elle varie entre 1,4 et 3,8 % de la matière sèche (tableau 4), la teneur significativement la plus importante étant obtenue pour le mélange féverole+trèfle.

Les différences de productivité étant peu importantes dans ce tunnel, les différences de teneur en azote déterminent majoritairement la quantité d'azote totale contenue dans la biomasse aérienne des couverts. On obtient ainsi 66 kg/ha d'azote dans la modalité à base de féverole, contre 36 à 46 dans les autres modalités. Ces valeurs sont beaucoup plus faibles que celles obtenues l'an dernier où les couverts contenaient entre 60 et 240 kg N/ha, en lien avec un rendement plus important.



Graphique 3 : Rendements matière fraîche (MF) en t/ha des engrais verts 85 (T3) et 92 (T4) jours après semis. Répartition des différentes espèces et adventices pour chaque couvert. Groupes homogènes de Newman Keuls pour la biomasse fraîche totale, p< 0,05



Graphique 4 : Rendements matière sèche (MS) en t/ha et teneur en matière sèche (%) des engrais verts 85 (T3) et 92 (T4) jours après semis. Groupes homogènes de Newman Keuls pour la biomasse sèche, p< 0,05

Tunnel	Modalité	Espèces	Biomasse fraîche Rendement EV (t/ha)	% MS	Biomasse sèche Rendement (t/ha)	% N	C/N	N (kg/ha) contenu dans l'EV
T 3	**1**	Seigle + Vesce commune	**13,65**	**17,3 (AB)**	**2,4**	2,0	23	46 ,2 (B)
	2	Seigle	14	18,7 (A)	2,6	1,7	26,7	44,3 (B)
	3	RGI + Trèfle Incarnat	**16,9**	**16,1 (B)**	**2,7**	1,4	33,4	35,9 (B)
	4	Féverole + trèfle incarnat	16,2	11,2 (C)	1,8	3,8	11,3	66,3 (A)
T 4	**1**	Seigle + Vesce commune	**13,5 (B)**	**20,8 (AB)**	**2,8 (C)**			
	3	RGI + Trèfle Incarnat	**21,1 (AB)**	**19,8 (AB)**	**4,2 (AB)**			
	5	Seigle + Trèfle Incarnat	15,1 (B)	19,7 (AB)	2,9 (C)			
	6	Blé + Trèfle Incarnat	14,4 (B)	20,4 (AB)	2,9 (C)			
	7	Avoine + Trèfle Incarnat	25,8 (A)	19,4 (AB)	5,0 (A)			
	8	RGI + Vesce commune	24,3 (A)	18,9 (AB)	4,6 (A)			
	9	Avoine + Vesce commune	15,1 (B)	22,1 (A)	3,3 (BC)			
	10	Trèfle Incarnat	17,8 (B)	18,4 (B)	3,3 (BC)			

Tableau 4 : Rendements, teneurs en matière sèche et en azote des différents couverts à la récolte (Groupes homogènes de Newman Keuls au seuil de 5%). *Les chiffres en gras correspondent aux modalités communes aux 2 tunnels*.

3.4. Sensibilité aux maladies et ravageurs :

Nous n'avons noté aucun problème de maladies sur les différents couverts de l'essai. Par contre, des limaces grises étaient présentes dans le couvert de trèfle (modalité 10) à la récolte.

3.5. Observations des systèmes racinaires :

L'objectif principal de l'introduction de légumineuses est l'amélioration de la disponibilité de l'azote grâce aux nodosités qui leur permettent de bénéficier d'azote d'origine atmosphérique. Nous avons donc contrôlé la présence de nodosités sur l'ensemble des espèces de cette famille. Il s'avère que dans notre essai, après environ 3 mois de culture, toutes les légumineuses présentes avaient des nodosités sur leurs racines.

Par ailleurs, le système racinaire des différents couverts est bien développé et colonise bien le sol. On a observé des racines jusqu'à plus de 50 cm de profondeur (figure 2).



Figure 2 : Photos de profils de sol sur les modalités RGI+trèfle (à gauche) et Seigle+trèfle (à droite)

4- DISCUSSION - CONCLUSION

L'essai engrais verts de l'année 2015 a la particularité d'avoir été semé en conditions froides, même sous abri. Dans ces conditions, les graminées s'avèrent beaucoup plus adaptées que les légumineuses qui ont visiblement souffert des températures basses, avec un retard de développement important pour la féverole et la vesce, et très peu d'installation du trèfle dont la croissance a été stoppée tout l'hiver. De plus, la durée du cycle n'a été que de 3 mois, ce qui est probablement trop peu à une température moyenne inférieure à 7°C. On obtient donc des couverts dont la biomasse est peu élevée, particulièrement pour les couverts constitués de légumineuses uniquement qui se sont fait envahir par les adventices. En comparaison avec l'essai réalisé durant l'automne-hiver 2013/2014 où on avait obtenu de 5 à plus de 6 tonnes de matière sèche à l'hectare pour des mélanges à base de RGI ou seigle, on peut également constater que le seigle a été plus pénalisé par les températures basses et/ou la durée courte du cycle de culture que le RGI. Le seigle reste intéressant car il étouffe moins les légumineuses associées que le RGI tout en limitant les adventices. Le RGI devrait probablement être testé à une dose de semis plus faible pour être moins concurrentiel.

Pour les deux autres graminées testées cette année, l'avoine est ressortie comme étant bien adaptée aux conditions froides, mais compétitive des légumineuses associées, et le blé donne moins satisfaction car son développement plus lent laisse davantage pousser les adventices.

L'essai se poursuit avec l'étude des effets des couverts du tunnel 3 sur une culture de melon (compte-rendu L 15 PACA 10B). .

ANNEXE 1 : Plan de l'essai Engrais verts d'hiver – Station GRAB - 2015

