

**Engrais verts d'été en maraîchage biologique sous abri :
Mélanges de graminées et légumineuses**

Hélène VEDIE – Edouard GILET (stagiaire) – Abderraouf Sassi

1- OBJECTIFS ET CONTEXTE :

Dans le Sud-Est de la France, le créneau principal pour introduire les engrais verts sous abris est l'été, après des cultures de printemps ou des cultures d'été courtes (melon, courgette). Les références locales sur le choix des engrais verts sur ce créneau se sont beaucoup étoffées ces 10 dernières années (essais GRAB, Centrex, Serail et APREL). Elles ont montré l'intérêt de certaines espèces comme le sorgho, le sarrasin, le Moha de Hongrie, ou plus récemment le millet perlé. Cependant, d'autres espèces, comme les légumineuses, ont été beaucoup moins étudiées en engrais verts. Elles 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.

Le screening réalisé pendant l'été 2013 puis l'essai réalisé en été 2014 ont permis de sélectionner des légumineuses mieux adaptées aux conditions climatiques – très sélectives - des abris l'été : niébé, lablab, pois fourrager et trèfle, et de sélectionner les meilleurs « tuteurs » potentiels : sorgho fourrager et millet perlé, qui permettent une meilleure maîtrise des adventices. Les mélanges de ces espèces doivent cependant être précisés de façon à les optimiser pour que les plantes utilisées comme tuteur ne soient pas trop compétitives vis-à-vis des légumineuses, et les effets de ces mélanges doivent être évalués sur la culture suivante.

Les objectifs de cet essai sont donc :

- d'améliorer les références sur le choix des engrais verts d'été en maraîchage sous abri,
- de valider le bon comportement agronomique et l'intérêt des légumineuses sélectionnées en 2013 et 2014,
- d'optimiser les proportions de différents mélanges d'espèces
- de mesurer l'effet des mélanges graminées + légumineuses sur une culture de salade d'automne (voir compte-rendu L 15 PACA 10D).

2- MATERIEL ET METHODES :

2.1 Dispositif expérimental :

Site : 2 tunnels d'essai, voisins les uns des autres

- Station GRAB : 1 tunnel (T4) de 8 x 50 m, précédent EV d'hiver détruit en avril.
- Lycée Pétrarque : 1 tunnel, T3, 8 x 56 m, précédent pomme de terre

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

Dispositif : T4 GRAB – Effet de graminées + légumineuses sur culture suivante

Essai à 5 modalités, 2 répétitions.

- 1 : modalité témoin «sorgho», correspondant à la pratique courante des maraîchers,
- 2 : modalité témoin sans engrais vert. Bâchage avec une bâche plastique noire « à ensilage »
- 3 : modalité «Sorgho + Niébé», référence 2014
- 4 : modalité «Millet perlé + Niébé»
- 5 : modalité légumineuses seules «Niébé + trèfle d'Alexandrie»

T3 LYCEE – Evaluation de différents mélanges

Essai à 10 modalités, pas de répétitions.

En plus des 4 couverts présents dans le T3, différents mélanges à base de sorgho ou millet, associés à du niébé, du lablab ou du pois fourrager

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	Société
POACEAE (Graminées)	Sorgho fourrager	<i>Sorghum sudanense</i>	Piper	Coopérative
	Millet perlé	<i>Pennisetum glaucum</i> L.	Nutrifeed	Caussade

FABACEAE (Légumineuses)	Niébé	<i>Vigna sinensis</i>	Black Stallion	Semfor
	Lablab	<i>Lablab purpureus</i> L.	Highworth	Semfor
	Pois fourrager	<i>Pisum sativum</i> L.	Lisa	Agrosemens
			Assas	Caussade
	Trèfle d'Alexandrie	<i>Trifolium alexandrinum</i>	Tabor	Jouffray-Drillaud

Tableau 1 : Espèces et variétés présentes dans l'essai- Fournisseurs

Tunnel 4 GRAB			Tunnel 3 LYCEE		
N°	MODALITE	Dose de semis (kg/ha)	N°	MODALITE	Dose de semis (kg/ha)
1	Sorgho	50	1	Sorgho	50
2	Pas de couvert (bâche)				
3	Sorgho + Niébé 1	10 + 80	3	Sorgho + Niébé 1	10 + 80
4	Millet + Niébé	10 + 110	4	Millet + Niébé	10 + 110
5	Niébé + Trèfle Alexandrie	130 + 30	5	Niébé + Trèfle Alexandrie	130 + 30
			6	Millet + Pois	15 + 200
			7	Sorgho + Pois	10 + 200
			8	Sorgho + Niébé 2	10 + 110
			9	Sorgho + Lablab	10 + 200
			10	Pois + Niébé	200 + 110
			11	Millet perlé	40

	graminée	
	légumineuse	
	graminée + légumineuse	

Tableau 2 : Modalités de l'essai

Parcelles élémentaires :

Dans le tunnel T4 GRAB, orienté nord-sud : 10 parcelles de 32 m² (8 mètres linéaires x 4 mètres de large), 2 blocs de 5 parcelles orientés Nord-Sud,

Dans le tunnel T3 LYCEE, orienté est-ouest : 10 parcelles de 40 m² (10 mètres linéaires x 4 mètres de la large),

soit une surface totale de l'essai de 720 m²

Le plan de l'essai figure en annexe 1.

2.2 Conditions de culture :

Semis : T4 : 3 juillet 2015 ; T3 : 9 juillet 2015. Semis à la volée, enfouissement superficiel à la herse rotative (2 cm environ), rattachage 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 : **T4 : 39 jours** (récolte le 11/08/2015) – **T3 : 43 jours** (récolte le 21/8/2015)

2.3 Mesures et observations :

- **Climat** : mesures de la température et de l'humidité ambiante, des hauteurs d'eau d'arrosage.

- **Observations du développement des plantes** :

Levée : rapidité, homogénéité - taux de germination : mesure du nombre de plantes sur 3 placettes de 0,25 m² dans chaque parcelle élémentaire, 10 à 15 jours après semis

Croissance : mesures des hauteurs, stades, répartition des différentes espèces dans les mélanges (en %) et proportion d'adventices

Etat sanitaire : observation de la présence éventuelle de maladies et ravageurs

- **Mesures à la récolte** :

Rendement : mesure des biomasses fraîches et sèches des engrais verts : récolte de 2 (T3) à 3 (T4) placettes de 0,25 m² (carré de 0,5 m de côté) par parcelle élémentaire. Biomasse de chacune des espèces et des adventices dans chaque placette.

Teneur en Azote des engrais verts et rapport C/N (tunnel 4). 1 analyse par parcelle élémentaire.

Nombre de plantes de chaque espèce

Observation des systèmes racinaires (nodosités)

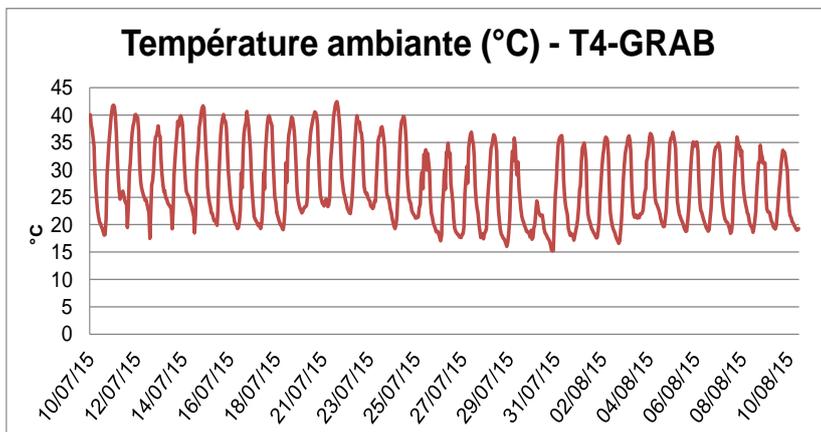
L'analyse statistique a été réalisée sur les couverts du T4 uniquement (6 répétitions).

- **Suivi post engrais vert** : sur culture de salade dans le T4-GRAB.

3- RESULTATS

3.1 Climat :

Les engrais verts ont bénéficié de fortes chaleurs pendant toute leur croissance. La température moyenne est de 27°C sur la durée de culture, plus élevée qu'en 2014 (23,9°C) et 2013 (25,4°C). La quantité d'eau apportée par aspersion pendant la durée de culture est de 100 mm seulement dans le T4, et le double dans le T3.



Graphique 1 : Températures air pendant la culture des engrais verts- été 2015

3.2 Développement des engrais verts :

Taux de germination

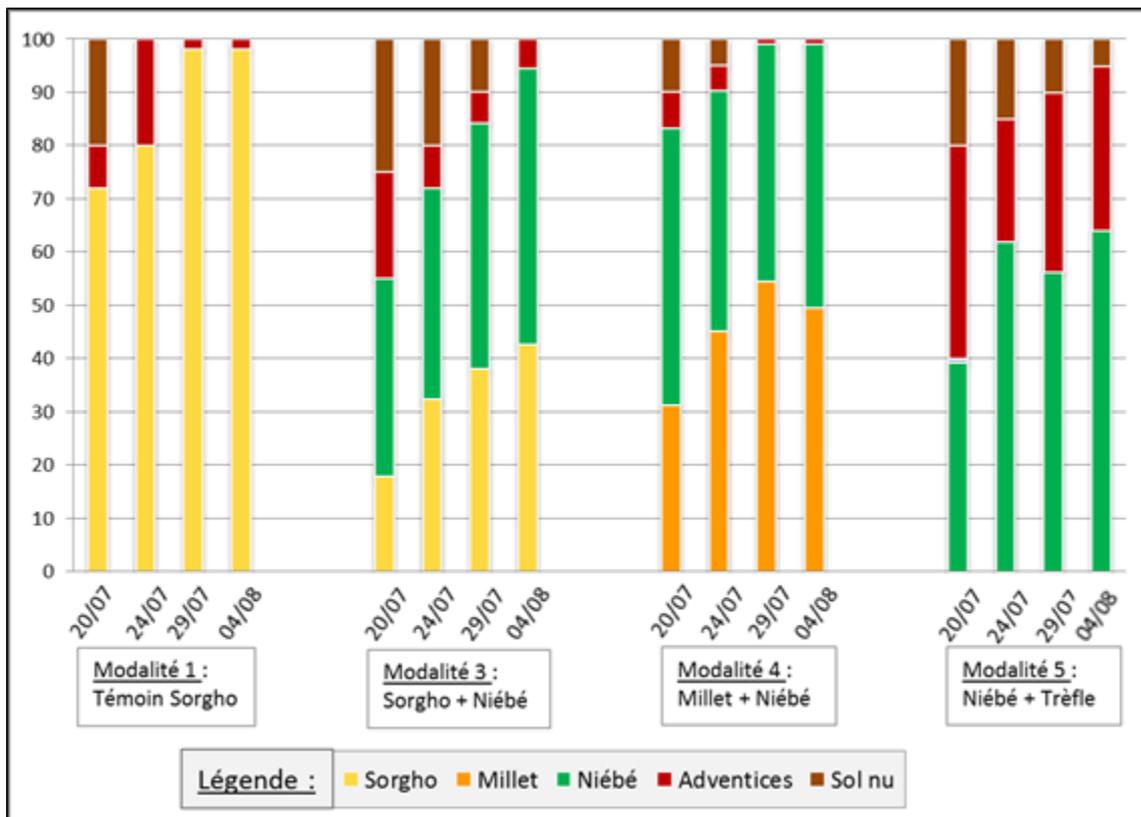
Le nombre de plantules de chaque espèce a été dénombré dans 3 placettes de 0,25 m2 dans chaque parcelle élémentaire 14 jours (T4 GRAB) et 8 jours (T3 Lycée) après semis. Les résultats figurent dans le tableau 3. On constate que le taux de germination est très faible pour le trèfle d'Alexandrie, de l'ordre de 10% et le pois, 30%. Ces espèces seront par la suite très peu présentes dans les mélanges. Le taux de germination des graminées est satisfaisant, avec en moyenne 80 % pour le sorgho et 109 % pour le millet, même si le taux est assez variable selon les parcelles, sans doute lié à l'hétérogénéité de semis à la volée et à l'incertitude de l'espèce de certaines plantules pouvant être des adventices de la famille des graminées. Le taux de germination du niébé est également satisfaisant, mais il est meilleur dans le T4, avec 91% que dans le T3, 69%, où l'enfouissement des graines a sans doute été fait plus profondément ce qui a pénalisé l'émergence des plantules.

		T 4 GRAB		T 3 LYCEE	
		sp1	sp2	sp1	sp2
1	Sorgho	67%		72%	
3	Sorgho + niébé	93%	95%	112%	109%
4	Millet (10) + niébé (110)	109%	89%	146%	59%
5	Niébé (130) + trèfle d'Alexandrie	88%	14%	48%	7%
6	Millet (15) + pois (200)			91%	40%
7	Sorgho 10 + pois 200			46%	24%
8	Sorgho 10 + niébé 110			94%	66%
9	Sorgho 10 + lablab 200			101%	49%
10	Pois (200) + Niébé (110)			24%	65%
11	Millet			89%	

Tableau 3 : Taux de germination 14 (T4) et 8 (T3) jours après semis

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

L'évolution de la couverture végétale a été notée pendant la croissance en évaluant le taux de couverture du sol, la proportion des espèces et la présence des adventices dans chaque modalité (graphique 2). On constate que les modalités de graminée seule (sorgho) ou en mélange avec du niébé couvrent assez rapidement le sol et limitent le développement des adventices. En revanche, les adventices représentent environ 30% du couvert dans la modalité légumineuses seules, car le trèfle d'Alexandrie ne s'est quasiment pas développé, et le niébé n'est pas suffisamment compétitif face aux adventices. Dans les mélanges sorgho + niébé et millet + niébé, chaque espèce représente environ 50% du couvert (graphique 2). Avant broyage, le niébé mesure 90 cm de haut, le millet 110 cm et le sorgho, 190 cm.



Graphique 2 : Evolution des taux de couverture du sol par espèce, entre la 2 et la 5^{ème} semaine de culture des engrais verts pour les modalités 1 à 5 (T4)



Figure 1 : Photos des Engrais verts le 4 août 2015 (S+32 j) – T4. sorgho + niébé (gauche) – millet niébé (haut droit) – niébé trèfle (bas droit)

3.3 Productivité et composition des couverts à la récolte :

L'ensemble des parcelles élémentaires du tunnel 4 ont été échantillonnées, mais seulement 6 modalités des 10 présentes dans le tunnel 3 l'ont été. En effet, les modalités à base de pois (n° 6, 7 et 10) n'ont pas été retenues car le pois ne s'est pas développé, et la modalité n° 5, niébé + trèfle ne l'a pas été non plus car la parcelle était envahie d'adventices de la famille des graminées. L'ensemble des résultats mesurés à la récolte est récapitulé dans le tableau 4.

Le rendement en biomasse fraîche du sorgho, témoin de l'essai, varie entre 53 t/ha (T4) et 65 t/ha (T3), avec un taux de matière sèche de 14-15 % en moyenne (graphiques 3 et 4). Le rendement en matière sèche est donc de 7 tonnes dans le T4 et 10 tonnes dans le T3 (graphique 4), ce qui est proche des résultats obtenus les années antérieures. Les rendements sont plus élevés dans le T3 du lycée, sans doute en lien avec une durée de culture de 4 jours de plus et une irrigation plus importante (200 mm contre 100mm dans le T4). Le taux de matière sèche est compris entre 10 et 16%. Comme les années précédentes, on constate que le taux de matière sèche du millet, de 10-12%, est plus faible que celui du sorgho, 14-16%. Le taux de matière sèche du niébé est également plus faible (graphique 4). Ainsi, si la biomasse fraîche des différents couverts est équivalente dans le tunnel T4, le rendement en matière sèche est supérieur pour les couverts à base de sorgho que pour ceux à base de millet et/ou de niébé. De même, dans le T3, le millet atteint 80 tonnes de matière fraîche par hectare contre 65 pour le sorgho, mais le rendement en matière sèche est supérieur pour le sorgho.

Part des adventices dans les couverts

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 3.

La densité et le type d'adventices étaient différents entre les 2 tunnels, et les résultats obtenus sur les différents couverts diffèrent en fonction du tunnel :

- Dans le T4, où les adventices présentes étaient surtout le pourpier et dans une moindre mesure des amarantes et chénopodes, le sorgho et le mélange millet+niébé ont bien concurrencé les adventices qui ne représentent que 3 à 4% de la biomasse fraîche (graphique 3). En revanche, on obtient 20 à 25% d'adventices dans les 2 autres modalités : le niébé est notamment moins concurrentiel par rapport aux adventices présentes.
- Dans le T3, la pression des adventices était plus importante, avec une grande quantité de graminées (panics pied de coq, sétaire), du pourpier et du liseron. Le sorgho et les mélanges à base de sorgho ont permis de limiter le développement des adventices qui représentent 3 à 5 % de la biomasse fraîche, sauf pour le mélange sorgho + lablab car le nombre de plantes de lablab est inférieur que celui du niébé (graines plus grosses et taux de germination inférieur) et que le lablab est moins couvrant. Le millet seul limite également les adventices (6%) mais pas le mélange millet + niébé (24%).

Globalement, les résultats sont cohérents avec ceux obtenus en 2013 et 2014 :

- Le sorgho, les mélanges de sorgho et légumineuses donnent les meilleurs résultats, même avec une dose de semis de sorgho faible (10 kg/ha). Son pouvoir concurrentiel vis-à-vis des adventices est le plus important quel que soit le type d'adventices,
- Le millet est également intéressant vis-à-vis des adventices, mais est peut-être moins compétitif si ces dernières sont des graminées,
- Le niébé est la meilleure légumineuse testée car il permet une meilleure maîtrise des adventices grâce à un nombre de plantes plus élevé et un feuillage important, mais il semble dépassé en cas de forte densité d'adventices, notamment s'il s'agit de graminées (T3). Le lablab n'est pas suffisamment compétitif ou devrait être utilisé à une dose plus élevée,
- Le trèfle d'Alexandrie souffre trop de la concurrence des adventices et des plantes qui lui sont associées,

Par contre les résultats obtenus avec le pois sont décevants cette année car il ne s'est quasiment pas développé, contrairement aux années précédentes.

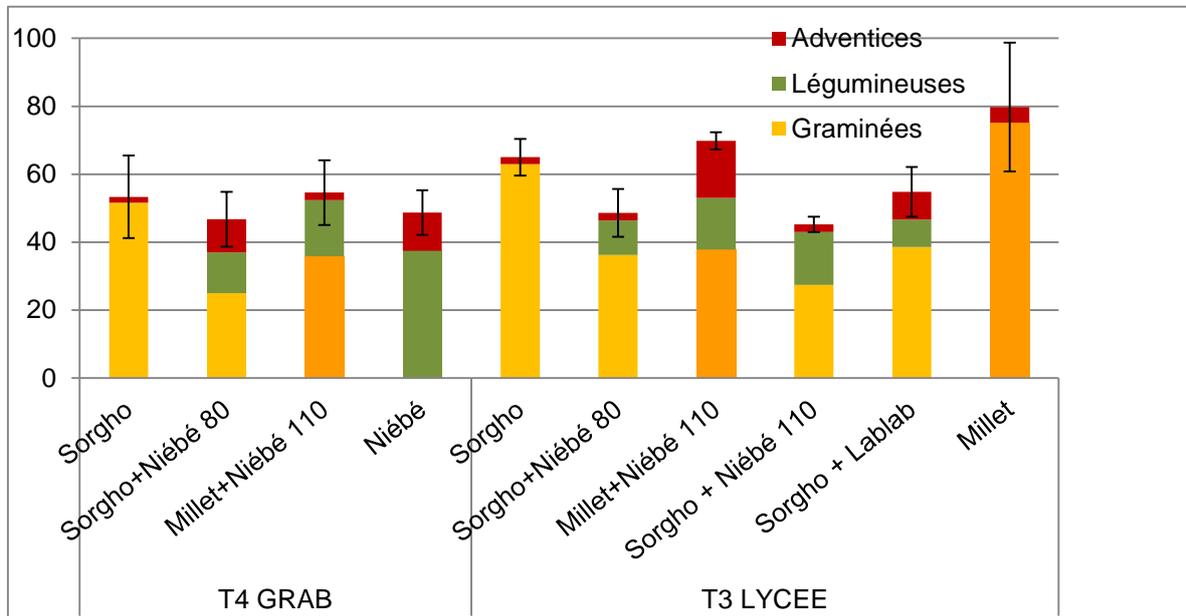
Part des légumineuses dans les couverts

On obtient 27 à 31% de niébé dans les mélanges du T4, et 21% dans le T3 (tableau 4). Les doses de semis employées pour les mélanges ont donc permis d'obtenir une proportion satisfaisante de légumineuses dans le couvert, tout en assurant une production de biomasse importante et un développement limité des adventices. On constate que l'augmentation de la dose de semis de niébé en mélange avec le sorgho dans le T3 (modalités sorgho + niébé 80 et sorgho + niébé 110) permet de passer de 21 à 34% de légumineuse dans la biomasse fraîche finale, mais la production totale de biomasse n'est pas augmentée pour autant.

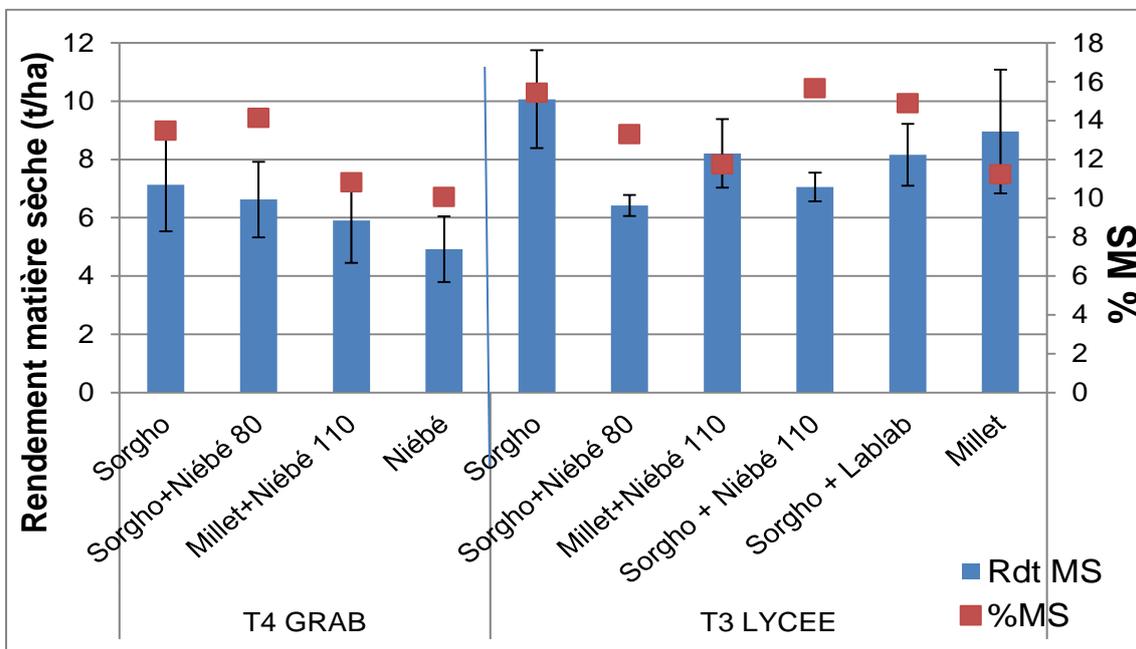
Teneurs en azote des couverts

La teneur en azote des engrais verts n'a été mesurée que pour les couverts du tunnel 4, dont l'effet sera suivi sur la culture suivante. Elle varie entre 1,3 et 2 % de la matière sèche (tableau 4), la teneur la plus importante est logiquement obtenue pour le niébé mais elle est faible pour une légumineuse.

Les couverts les moins riches en azote étant les plus productifs (sorgho), on a cependant très peu de différences d'azote total contenu dans les parties aériennes : les valeurs s'échelonnent entre 92 et 107 unités d'azote/ha (tableau 4).



Graphique 3 : Rendements matière fraîche (MF) en t/ha des engrais verts 39 jours (T4 GRAB) et 43 jours (T3 LYCEE) jours après semis. Répartition des différentes espèces et adventices pour chaque couvert.



Graphique 4 : Rendements matière sèche (MS) en t/ha et teneur en matière sèche (%) des engrais verts 39 jours (T4 GRAB) et 43 jours (T3 LYCEE) jours.

Tunnel	Mod alité	Espèces	Biomasse fraîche			% MS	Biomasse sèche		C/N	N (kg/ha) contenu dans l'EV
			Rdt (t/ha)	% légum.	% adv.		Rdt (t/ha)	% N		
T 4 GRAB	1	Sorgho	53,3		3,4 (B)	13,5 (A)	7,1	1,3	33,7	92,5
	3	Sorgho + niébé	46,7	26,6	20,4 (A)	14,1 (A)	6,6	1,6	28,0	107,5
	4	Millet (10) + niébé (110)	54,6	31,0	4,2 (B)	10,8 (AB)	5,9	1,6	27,4	91,7
	5	Niébé (130) (+ trèfle Alex)	48,7	75,5	24,5 (A)	10,1 (B)	4,9	2,0	22,4	94,9
T 3 LYCEE	1	Sorgho	65		3,3	15,4	10,1			
	3	Sorgho + niébé	48,6	21,4	4,5	13,3	6,4			
	4	Millet (10) + niébé (110)	69,8	21,6	24,2	11,7	8,2			
	8	Sorgho 10 + niébé 110	45,2	34,4	4,8	15,7	7,1			
	9	Sorgho 10 + lablab 200	54,8	14,5	15,6	14,9	8,2			
	11	Millet	79,8		6,1	11,2	9			

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.

3.5. Observations des systèmes racinaires :

Le système racinaire des différents couverts était peu développé, jusqu'à environ 25 cm pour le sorgho et le millet dans le T4. Cette colonisation réduite du sol par les racines est peut-être due à un sol plutôt compact et à une irrigation trop restreinte qui a sans doute limité le développement des racines en profondeur.

Par ailleurs, 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 le niébé et le lablab. Il s'avère que dans notre essai, après environ 40 jours de culture, il n'y avait pas de nodosités sur les racines dans le T4 et très peu dans le T3. Dans nos essais précédents, nous avons fait la même observation en 2013 mais en 2014 toutes les légumineuses présentes avaient des nodosités sur leurs racines, qu'elles soient d'origine tropicale ou non. La question reste donc entière : la quantité d'azote était-elle trop importante dans le sol et aurait inhibé la formation des nodosités ? Le climat est-il trop chaud et le cycle trop court ?

La première hypothèse semble peu probable car les mesures effectuées cette année avant semis n'ont pas révélé de valeurs très élevées (50 mg/l NO₃⁻ dans le T4 et 85 dans le T3). Les températures étaient effectivement plus élevées en 2015 (et en 2013) qu'en 2014, et le cycle de culture est très court... L'intérêt potentiel de ces légumineuses pour la fourniture d'azote reste donc à confirmer. C'est l'objet de la suite de cet essai où l'effet du couvert sera évalué sur la culture suivante.

4- CONCLUSION

L'essai engrais verts de l'année 2015 s'est déroulé dans des conditions particulièrement chaudes qui ont permis de produire des biomasses importantes en 40 jours environ. Les différents mélanges testés, à base de sorgho, millet et niébé ont tous donné de bons résultats. Seuls le pois et le trèfle d'Alexandrie ne se sont quasiment pas développés. Cependant, l'intérêt potentiel des légumineuses tropicales en tant que précédent favorable à la fourniture d'azote pour la culture suivante semble limité pour le niébé dans cet essai : les racines ne présentaient quasiment pas de nodosités, la teneur en azote, de 2%, est limitée, et le rapport C/N est relativement élevé.

L'essai se poursuivra donc avec l'étude des effets des couverts du tunnel 4 sur une culture de salade d'automne (compte-rendu L 15 PACA 10D).

ANNEXE 1 : Plan de l'essai Engrais verts d'été – 2015

