



Evaluation de 9 plantes de couverture en inter-rang de citronniers pour gérer l'enherbement



PRESENTATION DES RESULTATS DE L'ESSAI

Expérimentation mise en place le 3 juillet 2014

chez LY KA à JAVOUHEY

par Julie LAUNAY (PFFLG) et Anaïs LAMANTIA (DAAF)

Suivi réalisé par :

Julie LAUNAY, Pierre-Damien BASCOU (PFFLG) et Anaïs LAMANTIA

Rapport réalisé par

Pierre-Damien BASCOU, Anaïs LAMANTIA et Philippe Lafargue (DAAF)

Analyses biologiques et interprétations réalisées par Solicaz

Fin de l'expérimentation le 30/03/2016



SOMMAIRE

1.	Protocole expérimental	3
1.1	Historique de l'expérimentation.....	4
1.2	Plantes choisies pour l'expérimentation	4
1.3	Les hypothèses de départ et le dispositif expérimental	7
1.4	Mesures et observations effectuées	10
1.5	Calendrier des opérations	11
2.	Résultats préliminaires	11
2.1	Taux de germination	11
2.2	Retour sur la première période de semis et plantation des boutures	12
3.	Développement du couvert en inter-rang et production de biomasse.....	13
3.1	Développement des couverts en inter-rang, impact sur les adventices, optimum de fauche et reprise du couvert	13
3.2	Production de biomasse et hauteur des couverts.....	19
4.	Paillage sur le rang.....	22
4.1	Evolution du mulch sous les arbres et impact sur les adventices	22
4.2	Analyse de l'azote foliaire.....	25
5.	Analyses de sol.....	26
5.1	Analyses physico-chimiques	26
5.2	Analyses biologiques.....	26
6.	Analyse des modalités de mise en place et de l'entretien du couvert.....	29
7.	Synthèse des résultats et discussion.....	29
7.1	Synthèse des caractéristiques observées par espèce.....	29
7.2	Discussion sur les résultats.....	31
7.3	Impressions de l'agriculteur	31
7.4	Perspectives	31

Introduction

Le plan Ecophyto 2018, lancé à l'échelle nationale en 2009 et en Guyane le 4 octobre 2011, a pour but initial de réduire de moitié l'utilisation des pesticides dans le milieu agricole avant 2018. Cette initiative issue du Grenelle Environnement de 2007 et d'une instigation européenne devait ainsi répondre aux attentes sociétales de limitation de l'usage de produits phytosanitaires, pour réduire leurs conséquences environnementales et sanitaires. Cela participe également à la volonté de proposer un modèle agro-écologique à l'agriculture française, en recherchant et en diffusant des méthodes alternatives non chimiques qui utilisent à dessein agricole les phénomènes écologiques disponibles dans la nature. Il s'agit de « valoriser et de déployer auprès du plus grand nombre les techniques et les systèmes économes et performants qui ont fait leurs preuves chez quelques-uns » (Plan Ecophyto II).

Face à l'augmentation constante de la vente de produits phytopharmaceutiques malgré les efforts consentis par de nombreux acteurs de ce plan Ecophyto, il a été décidé de lancer le plan Ecophyto II visant toujours la réduction de 50% du recours aux pesticides, mais en deux temps : 25% avant 2020 et 50% avant 2025, toujours grâce à « la généralisation et l'optimisation des techniques actuellement disponibles » (Plan Ecophyto II).

En Guyane, les herbicides représentent 80% des quantités de substances actives vendues entre 2012 et 2014 (Données issues de la Banque Nationale des Ventes de produits pharmaceutiques par les distributeurs agréés). C'est pour cela que les acteurs de la recherche de méthodes alternatives en Guyane s'intéressent particulièrement au développement et à la diffusion de techniques visant à réduire la dépendance aux herbicides, notamment chez les producteurs de fruits et légumes. C'est dans cet objectif que l'association des Producteurs de Fleurs, Fruits et Légumes (PFFLG) de Javouhey a collaboré avec la Direction de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Forêts (DAAF) pour mettre en place un essai de couverture d'un verger de citronniers par des espèces couvrantes. Le but est d'implanter une ou plusieurs espèces végétales dans le verger qui soient capables de monopoliser l'espace pour maîtriser l'enherbement naturel, et ensuite de produire assez de biomasse pour être réduites en paillage sur le rang avec un matériel adapté type broyeur SDS (*Side Delivery System*). Cette expérimentation a débuté fin 2014 pour se poursuivre sur toute l'année 2015 à Javouhey, avec quelques suivis en 2016.

Les plantes de couverture sont utilisées dans de nombreux systèmes de culture dans le monde à cause de leurs multiples avantages, notamment comme solution alternative à l'utilisation d'herbicides. Elles permettent de maîtriser l'enherbement, d'accroître la perméabilité du sol, préviennent l'érosion, améliorent la fertilité (surtout les légumineuses qui fixent l'azote atmosphérique), attirent les arthropodes auxiliaires de culture, contrôlent les bio-agresseurs (maladies, insectes, nématodes), retiennent l'eau et peuvent être utilisées comme fourrage.

Dans le cas présent, l'agriculteur s'est engagé à ne pas utiliser d'herbicides dans son verger, on s'intéressera donc essentiellement à la maîtrise des adventices et au rendement en biomasse des 9 espèces retenues afin de créer un paillage sur le rang de citronniers. Nous avons donc jugé leur croissance, leur reprise après fauche, leur capacité de ressemer, la tenue du paillage, leur action éventuelle sur la vie du sol grâce à une analyse de l'activité biologique du sol réalisée par Solicaz. Nous avons ainsi des données sur le comportement de ces 9 espèces dans un contexte de verger en Guyane.

1. Protocole expérimental

Le protocole plus détaillé et le plan de l'essai se trouvent en annexes 1, 2 et 3.

1.1 Historique de l'expérimentation

Dans le cadre des actions d'expérimentations engagées dans le cadre du plan EcophytoDOM, l'unité Offre et Qualité Alimentaire du Service de l'alimentation à la DAAF a souhaité mettre en place avec la PFFLG un essai sous verger à Javouhey (Photo 1) visant la suppression des traitements herbicides dans le cadre de la MAE B1 (suppression de des traitements herbicides sous culture arboricole) souscrite par l'agriculteur. Pour ce faire, neuf plantes de couverture (huit de la famille des légumineuses et un mélange graminée/légumineuse) ont été utilisées. Le but recherché est de pouvoir gérer l'enherbement à la fois en inter-rang grâce à la plante de couverture et sur le rang en produisant suffisamment de biomasse dans l'inter-rang afin de la faucher et de la déposer en mulch sur les rangs des citronniers.



Photo 1 : La parcelle d'essai*

1.2 Plantes choisies pour l'expérimentation

- ***Canavalia ensiformis* (CE)**: une légumineuse annuelle herbacée qui peut se ressemer (production élevée de graines). Elle est adaptée aux climats humides et résiste bien à la sécheresse (prélèvement de l'eau en profondeur). Elle est également adaptée aux sols pauvres, aux pH allant de 4,5 à 7,5 et à l'ombrage. Elle est reconnue pour ses propriétés nématocides et pour sa forte restitution en azote dans le sol. De plus, *C. ensiformis* peut être valorisée en fourrage et en alimentation humaine (comme du haricot commun).



Photo 2 : *Canavalia ensiformis*

* Sauf indication, toutes les photos appartiennent à la DAAF

- ***Crotalaria spectabilis* (CS)**: une légumineuse annuelle à port érigé atteignant 1,5m de hauteur, enracinement pivotant et profond. Elle est reconnue pour ses propriétés nématocides. La couverture du sol est rapide et bonne.



Photo 3 : *Crotalaria spectabilis*



Photo 4 : *Cajanus cajan*

- ***Cajanus cajan* (CC)**: (le pois d'Angole) légumineuse annuelle à semi-pérenne. Se présente sous la forme d'un arbuste érigé semi-ligneux se limitant à 0,8 à 1,5m de haut avec un système racinaire profond et pivotant. Adaptée à un large spectre de sols allant des sols sableux à argileux et un large spectre de pH avec un optimum entre 5 et 7. La capacité à lutter contre l'érosion est limitée et son potentiel à augmenter la teneur en azote du sol est faible. Il s'agit d'une des légumineuses les plus tolérantes à la sécheresse, elle est également tolérante à l'ombre.

- ***Stylosanthes Campo Grande* (SCG)**: mélange de 2 légumineuses pérennes, *Stylosanthes capitata* (80%) à port érigé (jusqu'à 1,5 m de haut) et *Stylosanthes macrocephala* (20%) à port semi-érigé à prostré. Système racinaire profond, adapté aux sols peu fertiles, tolérance à la sécheresse, bon potentiel de production de semences et réensemencement naturel.

Photo 5 : *Stylosanthes Campo Grande*



Photo 6 : *Stylosanthes Campo Grande* avec *Brachiaria decumbens*

- ***Brachiaria decumbens* en mélange avec *Stylosanthes Campo Grande* (BD)**: graminée pérenne à port dressé. *B. decumbens* a une expansion rapide, et s'adapte aux sols acides et peu fertiles. Elle confère une bonne couverture au sol, facilite l'infiltration de l'eau et améliore la résistance à l'érosion. Elle est adaptée aux climats humides et tolère bien la sécheresse et l'ombre. *B. decumbens* est la moins agressive du genre *Brachiaria* mais l'association à long terme avec une légumineuse reste difficile. Ici, le but de l'association recherchée avec la légumineuse est de bénéficier d'un apport d'azote régulier et directement disponible.



- ***Calopogonium mucunoides (CM)***: une légumineuse pérenne, vigoureuse, grimpante et volubile. La masse de végétation représente généralement de 30 à 40 cm de haut. Son installation est facile et sa capacité à contrôler les adventices est excellente. Elle est adaptée à un large spectre de textures et de pH (optimum entre 4,5 et 5). Excellente tolérance aux excès d'eau et aux périodes de sécheresse, elle s'adapte selon son intensité soit par la perte de ses feuilles soit par un phénomène de mort et de régénération à la saison humide. Supporte bien les conditions de lumière limitée.

Photo 7 : *Calopogonium mucunoides*

- ***Pueraria phaseoloides (PP)***: une légumineuse pérenne, vigoureuse, volubile et grimpante. Colonisation aisée et couverture large du sol à condition d'une bonne présence d'eau. Les tiges peuvent atteindre 5 à 6 mètres de longueur et le système racinaire est profond. Grande adaptabilité, allant des textures sableuses à argileuses, pH idéal entre 4 et 5. Non tolérante à la sécheresse mais tolérante aux excès d'eau. La masse de végétation atteint 60 à 75 cm, l'une des meilleures légumineuses pour lutter contre les adventices. Il faut cependant faire attention à son caractère envahissant (peut grimper sur les arbres et les envahir), elle demande donc un entretien régulier.



Photo 8 : *Pueraria phaseoloides*



- ***Arachis pintoii (AP)***: légumineuse pérenne stolonifère formant un tapis dense de stolons et de rhizomes de 20 cm d'épaisseur environ. La colonisation du milieu peut se faire par la plantation de boutures. Préfère les sols drainants de texture sableuse à argileuse, à pH bas ou neutre et peu regardant vis à vis de la fertilité du sol. Elle peut supporter des saisons sèches d'au moins 4 mois et les situations ombragées.

Photo 9 : *Arachis pintoii*

- ***Desmodium ovalifolium* (DO)**: une légumineuse pérenne stolonifère, rampante et pouvant monter à 1 mètre de haut. Tolérante aux sols acides et peu fertiles et aux excès d'eau. Fort potentiel de couverture et de maîtrise de l'enherbement. La colonisation du milieu peut se faire par la plantation de boutures. L'espèce est déjà utilisée par le Cirad en Guyane comme plante de couverture en culture de café.



Photo 10 : *Desmodium ovalifolium*

1.3 Les hypothèses de départ et le dispositif expérimental

L'expérimentation a pour but de répondre aux hypothèses de départ suivantes :

- La plante de couverture en inter-rang réduit l'enherbement ;
- Le dépôt de la biomasse aérienne de la plante de couverture sur le rang pour faire un mulch va limiter l'enherbement sur le rang ;
- La plante de couverture et le mulch vont améliorer la fertilité du sol

À terme, cet essai doit permettre d'évaluer l'opportunité d'une gestion mécanisée de l'inter-rang et du mulch au moyen d'outils adaptés fauchant, broyant l'inter-rang et positionnant le broyat en mulch sur le rang de plantation. La mise en place de cet essai permet de répondre à ces hypothèses.

Cette expérimentation se divise donc en 2 parties :

Partie 1 : Installation de la couverture végétale

Cette partie de l'expérimentation a 4 objectifs :

- Evaluer les modalités de mise en place des différentes plantes de couverture
- Evaluer la production de biomasse de chaque plante de couverture
- Suivre la reprise ou la pérennité du couvert après une fauche
- Evaluer l'impact des plantes de couverture sur les propriétés du sol

Dix modalités (un témoin sans gestion de l'enherbement et les 9 plantes de couverture) ont été mises en place sur la parcelle expérimentale dans un dispositif en 3 blocs (Figure 1).

Les citronniers sont âgés de 3 ans et produisent déjà, ils sont situés sur une parcelle de 1 ha en sol sableux.

Les plantes de couverture sont installées sur un inter-rang sur deux pour ne pas limiter l'accès à la parcelle si les couverts deviennent trop hauts. L'essai se compose de 3 blocs (3 répétitions), chacun réparti sur 2 inter-rangs. Une unité expérimentale fait 16 m de long sur 2 m de large.



Photo 11 : Plantation des boutures de *D. ovalifolium*

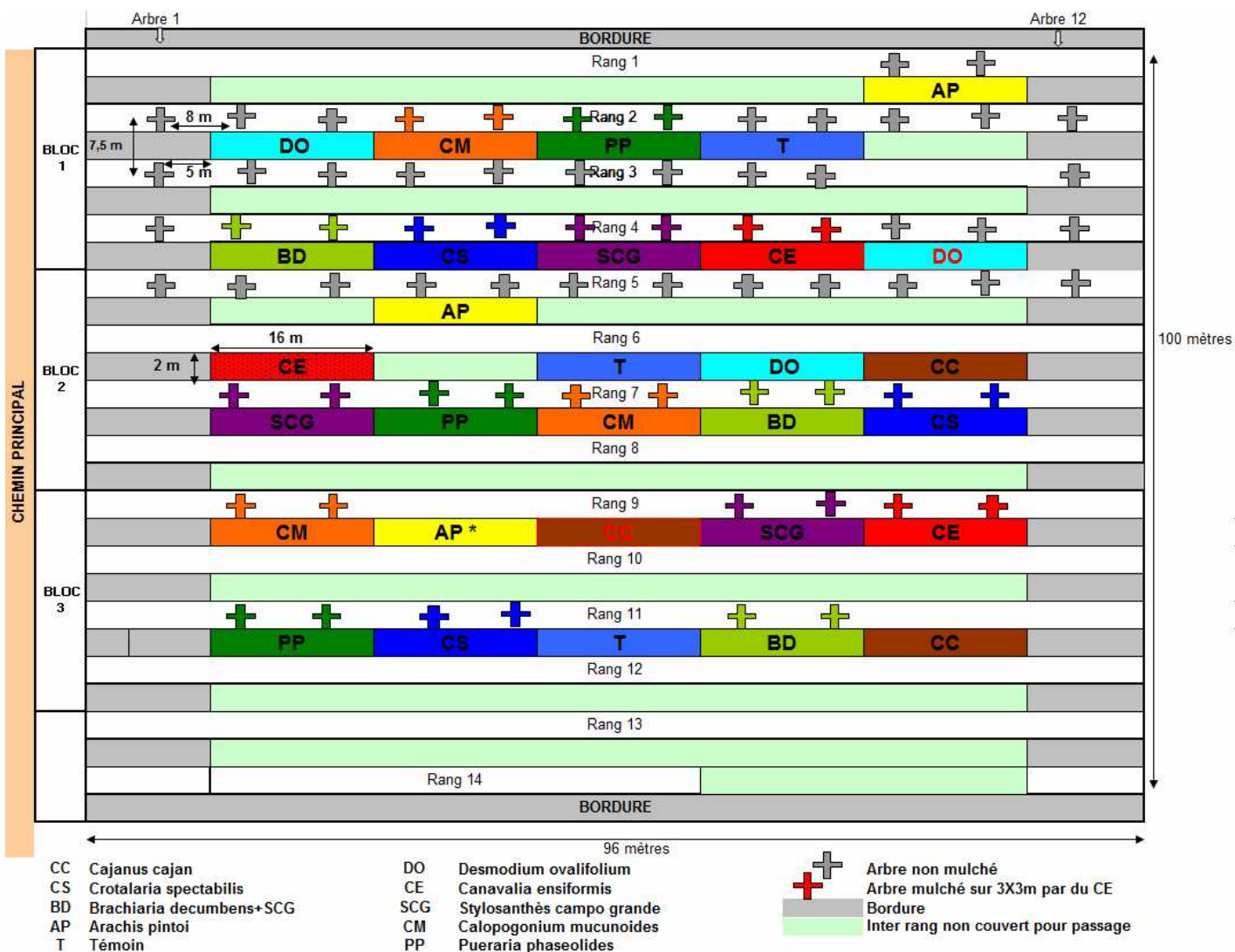


Figure 1 : Plan de la disposition des unités expérimentales sur la parcelle d'essai

Un premier travail du sol a été réalisé dans l'inter-rang en juillet 2014 lors de la première implantation. Ce même travail a été recommencé en décembre, le sol a été travaillé dans l'inter-rang avec une fraise rotative à une profondeur de 20 cm pour obtenir une terre plus meuble et plus fine.

De fortes densités de semis ont été choisies (Tableau 1) afin de produire beaucoup de biomasse. Les densités choisies ont été recalculées en fonction des tests de germination réalisés au préalable en godet.

Tableau 1 : Mode de mise en place et densité de semis des couverts

Espèce	Mise en place	Densité (kg/ha)
<i>Calopogonium mucunoides</i>	Semis en ligne	17
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Semis en ligne	17
<i>Canavalia ensiformis</i>	Semis en ligne	219
<i>Cajanus cajan</i>	Semis en ligne	156
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Semis en ligne	11
<i>Stylosanthes</i> Campo Grande	Semis en ligne	3,5
<i>Brachiaria decumbens</i> / <i>Stylosanthes</i> Campo Grande	Semis à la volée 50/50	9 et 2
<i>Desmodium ovalifolium</i>	Bouture	une bouture tous les 20 cm
<i>Arachis pintoi</i>	Bouture	une bouture tous les 40 cm

Les premiers semis et plantations de boutures ont été réalisés en juillet 2014 mais suite au faible développement des couverts, les semis et plantations ont été recommencés en décembre 2014, excepté pour l'*A. pintoi*.

Partie 2 : Production d'un paillage végétal issu de la fauche

Cette expérimentation a 4 autres objectifs :

- Evaluer la longévité des mulchs aux pieds des citronniers
- Evaluer l'effet du mulch sur les adventices
- Evaluer l'effet du mulch sur le sol et l'azote foliaire
- Mettre en relation le rendement en biomasse de l'inter-rang et la quantité de mulch obtenue, et utilisée pour gérer l'enherbement sur le rang.

Lorsque les couverts ont atteint une forte production de biomasse, ceux ci sont fauchés et le mulch est déposé au pied des citronniers (sur un rayon d'environ 1m à 1.5m).

Une modalité correspond au mulch déposé au pied de 2 arbres. Il y a donc 8 modalités (le *Cajanus cajan* a été retiré car il ne s'est pas développé).



Photo 12 : Mulch de *C. mucunoides* sous un citronnier, avec une sonde Watermark®

1.4 Mesures et observations effectuées

Partie 1 : Installation de la couverture végétale

- **Taux de germination des semences** : en godet dans du terreau, avec ou sans traitement à l'eau chaude ou au frigo au préalable (Tableau 2). Vingt graines testées.

Tableau 2 : Traitements pré-germinatifs réalisés sur 20 graines par couvert

Espèce	Traitement
<i>Calopogonium muconoides</i>	3 min dans l'eau à 75°C
<i>Crotalaria spectabilis</i>	15 min dans l'eau à 70°C
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Dans l'eau à 60°C, laissé à refroidir 6h30
<i>Stylosanthes Campo Grande</i>	25 min dans l'eau à 55°C
<i>Brachiaria decumbens</i>	24h au frigo avant le semis

- **Développement du couvert** : Relevé de la date de la fauche et de la hauteur du couvert au moment de la fauche. Suivi de la reprise du couvert après la fauche.

- **Production de biomasse** : Pesée de la matière fraîche et de la matière sèche au moment de la fauche. Prélèvement sur 3 carrés de 40 cm de côté (puis par la suite 2 carrés de 50 cm) par unité expérimentale, passage à l'étuve à 60°C pendant environ 2 jours.

- **Impact de la plante de couverture sur le sol** : analyses biologiques de sol au début et à la fin de l'essai.

Partie 2 : production d'un paillage végétal issu de la fauche

- **Tenue du mulch** : Suivi qualitatif et photographique, toutes les semaines.

- **Evolution de la repousse des adventices sous le mulch** : Suivi qualitatif et photographique, toutes les semaines.

- **Analyse de l'azote foliaire** : prélèvements de feuilles de citronniers après la dégradation du mulch et analyse en laboratoire. Prélèvements en saison sèche (fin octobre) et en saison des pluies (début janvier), sur les modalités *C. spectabilis* (mulch de 4 mois et 6 mois), *Stylosanthes Campo Grande* (mulch de 2 mois et 4 mois) et le témoin. On a trois répétitions pour chaque modalité. Résultats à comparer au témoin : feuilles d'arbres n'ayant pas reçu de mulch. Les résultats sont analysés par l'IRD de Cayenne.

- **Impact du mulch sur le sol** :

✕ Analyses de sol biologiques lors de la mise en place de la couverture en inter-rang (t_0), lors de la fauche et de la mise en mulch sur la rang (t_1) et plusieurs mois après le dépôt en mulch sur les rangs (t_2). Les différentes durées varient selon les espèces étudiées.

✕ Disponibilité en eau : installation de sondes Watermarks® (bougie poreuse + tensiomètre) à 30 cm de profondeur sous le mulch. Relevé toutes les semaines.

1.5 Calendrier des opérations

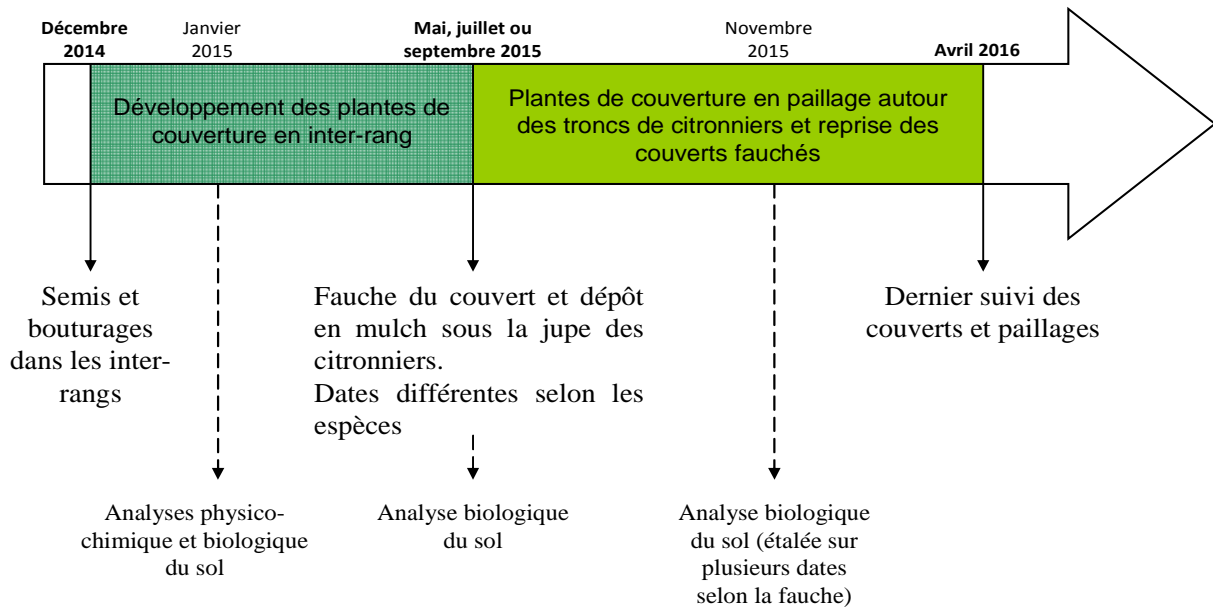


Figure 2 : Calendrier récapitulatif des différentes opérations et mesures réalisées pendant le projet

2. Résultats préliminaires

2.1 Taux de germination

Le taux de germination a été suivi pour chaque semence avec ou sans traitement (Figure 2).

Nous pouvons voir ici que les traitements à l'eau chaude (CM, CS, PP, SCG) n'augmentent pas le potentiel de germination des semences. Cette méthode peut même réduire le taux de germination : de 50% pour le *Stylosanthes*, de 10% pour le *P. phaseoloides* et de 20% pour le *C. spectabilis*. Le *C. mucunoides* a amélioré son taux de germination de 5% seulement. Pour le *B. decumbens*, on observe une germination plus rapide et plus 10% de graines germées après un traitement au réfrigérateur.

Pour les semis de l'essai, seul le *B. decumbens* a reçu un traitement, de 24h au frigo.

Nous pouvons d'ores et déjà noter le très faible taux de germination de *C. cajan* (25%). La qualité des semences semble donc assez faible.

Dans l'essai au champ, les densités de semis ont été recalculées à la hausse en fonction de ces résultats de germination.

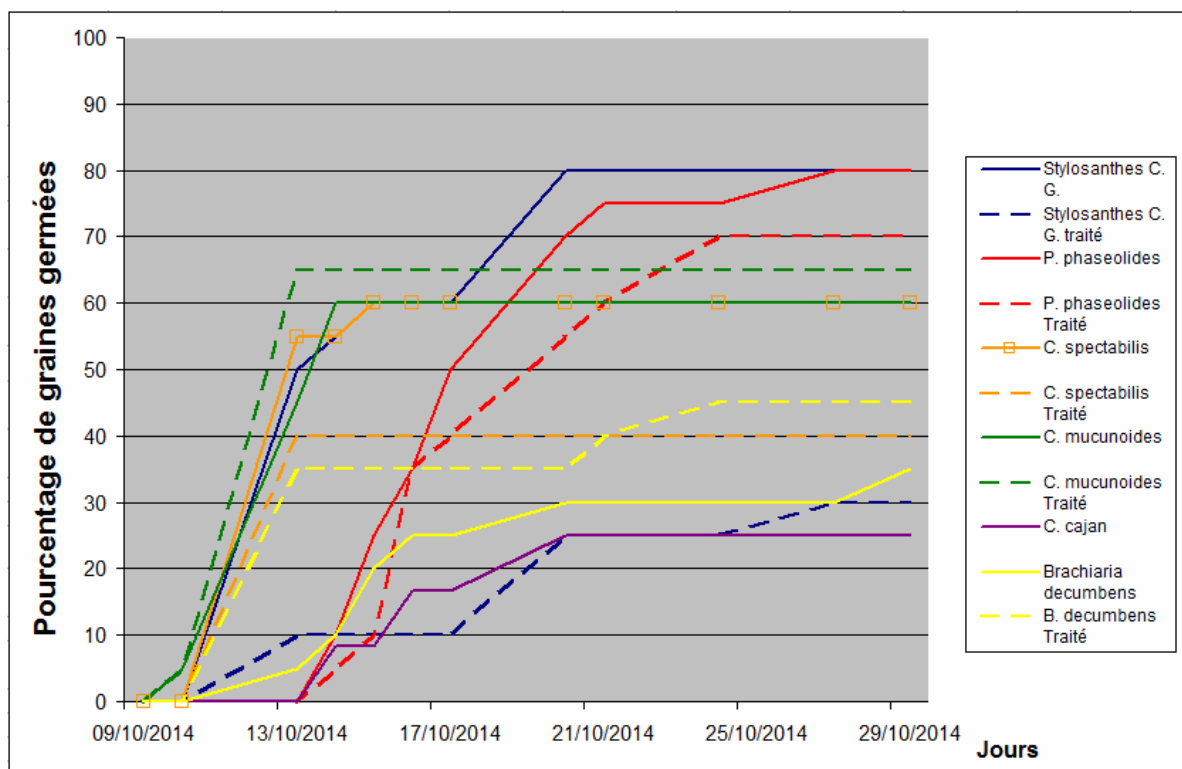


Figure 3 : Évolution des taux de germination avec ou sans traitement pré-germinatif des semences (cf. Tableau 2)

2.2 Retour sur la première période de semis et plantation des boutures

Les premiers semis et plantations de boutures ont été réalisés en juillet 2014. Peu de semences ont germé ou se sont développées, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le semis a été réalisé dans de mauvaises conditions : sol saturé en eau, préparation du sol trop grossière. De plus, la saison sèche est arrivée rapidement. Les couverts n'ont donc pas eu suffisamment d'eau pour bien se développer. Il faut cependant noter que le *C. ensiformis* s'est relativement bien développé par rapport aux autres couverts malgré ces conditions difficiles (photo 13). Ce couvert présente donc déjà l'avantage d'être robuste et de pouvoir supporter des périodes de sécheresse.



Photo 13 : *C. ensiformis* 10 semaines après le 1^{er} semis (4 septembre 2014)

Suite à ces premiers résultats mitigés, il a été décidé de tout gyrobroyer puis de recommencer les semis pour tous les couverts (18/12/2014) et de replanter des boutures de *D. ovalifolium* (14/01/2015) après la saison sèche, avec une préparation du sol plus fine. Seul *A. pintoii* n'a pas été replanté car il semble malgré tout s'être progressivement développé.

3. Résultats de la 1ère partie : développement du couvert en inter-rang et production de biomasse

3.1 Développement des couverts en inter-rang, impact sur les adventices, optimum de fauche et reprise du couvert

Suite à la deuxième implantation, les couverts se sont beaucoup mieux développés, sauf *C. cajan* qui présente très peu de plants, probablement à cause de la mauvaise qualité des semences, et qu'on ne suivra donc pas dans la suite de l'essai.

Le premier point étape a été fait en mai 2015, soit environ 4 mois après le semis, puis les fauches ont été réalisées à différentes périodes en fonction du développement des couverts :

- 19 mai 2015 : *P. phaseoloides* et *C. mucunoides*, coupés à ras et dépôt du mulch d'environ 10 cm d'épaisseur sous 2 arbres par modalité.
- 10 juillet 2015 : *C. spectabilis* coupé à ras et dépôt du mulch d'environ 15 cm d'épaisseur sous 2 arbres par modalité. *C. ensiformis* coupé à 20 cm et dépôt du mulch d'environ 10 cm d'épaisseur sous 2 arbres par modalité.
- 04 septembre 2015 : *Stylosanthes Campo Grande* seul et en mélange avec *B. decumbens*, coupés à environ 30 cm de hauteur pour permettre une reprise du couvert.

- *Calopogonium mucunoides*

Point étape 4 mois après semis : le couvert s'est très bien développé (Photo 14), avec une biomasse importante et homogène. Il y a extrêmement peu d'adventices présentes. Cette liane commence à grimper sur les citronniers, à déborder sur les rangs et sur les autres modalités : il faut faire attention à son caractère envahissant. Cette modalité a donc été une des deux premières fauchées pour les mesures de biomasse, avant qu'elle ne grimpe davantage sur les arbres.

Date de fauche : 19 mai = semis +152 jours

La fauche a été réalisée à ras pour former un mulch de 10 cm sous la frondaison de 2 arbres par modalité.

Deux mois après la fauche, il y a quelques repousses sur l'inter-rang mais les adventices sont plus avancées. Le *C. mucunoides* se développe également sur le rang et sous la frondaison.

En octobre, quatre mois après la fauche, le couvert a une bonne reprise et se développe de plus en plus sous les arbres, en s'accrochant aux branches des citronniers (Photo 15). Afin d'éviter que ce couvert n'envahisse la parcelle, il a été décidé d'arrêter de le suivre et de le détruire. Pour cela, des passages de gyrobroyeur, de débroussailluse et des arrachages manuels autour des troncs ont été réalisés en saison sèche. Ces travaux ont fortement freiné le développement du couvert mais cela n'a pas suffi à l'éliminer. En effet, en janvier 2016, avec la saison des pluies, le *C. mucunoides* est reparti à certains endroits.



Photo 14 : *C. mucunoides* en inter-rang 4 mois après le semis (28 avril 2015)



Photo 15 : *C. mucunoides* sur le rang, grimpant sur les branches de citronnier (9 septembre 2015)

En mars 2016, dix mois après la fauche, il reste quelques pieds de *C. mucunoides* dispersés, mais pas de quoi contrôler les mauvaises herbes. Le couvert a été mis à mal par l'opération de destruction fin octobre et les adventices reprennent leurs droits.

- *Pueraria phaseoloides*

Point étape 4 mois après semis : également très bien développé, avec une biomasse importante et homogène (Photo 16). Il y a extrêmement peu d'adventices présentes (Photo 17). Cette liane semble moins envahissante que *C. mucunoides*, mais on en retrouve sur le rang. Cette modalité a donc été fauchée pour les mesures de biomasse.

Date de fauche : 19 mai = semis +152 jours



Photo 16 : *P. phaseoloides* 4 mois après le semis (28 avril 2015)



Photo 17 : Absence d'adventices sous le couvert de *P. phaseoloides* (19 mai 2015)

La fauche a été réalisée à ras pour former un mulch de 10 cm sous la frondaison de 2 arbres par modalité.

Deux mois après la fauche, il y a quelques repousses de *P. phaseoloides* sur l'inter-rang mais les adventices sont plus avancées. Quatre mois après la fauche, le couvert a bien repris, il reste quelques sensibles présentes (*Mimosa pudica* L.). Le couvert s'étale sur le rang et grimpe à quelques endroits aux citronniers mais de manière beaucoup moins marquée que le *C. mucunoides*. Cependant, afin d'éviter que ce couvert n'envahisse la parcelle, il a été décidé d'arrêter de le suivre et de le détruire, de la même manière que *C. mucunoides*. Comme pour cette liane, *P. phaseoloides* a tout de même continué son développement tant bien que mal et est reparti localement avec les pluies de janvier.

Dix mois après la fauche, on constate toujours des lianes qui s'accrochent aux branches de citronniers. La modalité envahit également les modalités voisines, et ne recouvre pourtant pas complètement les mauvaises herbes.

Globalement, les deux lianes *C. mucunoides* et *P. phaseoloides* ont un comportement tout à fait similaire ici.

- *Canavalia ensiformis*

Point étape 4 mois après semis : le couvert est bien développé et couvrant (photo 18). Il y a quelques gousses vertes et des fleurs ; nous avons donc attendu de récolter les graines avant de faucher le couvert, sans toutefois trop tarder car s'il devient trop ligneux, il risquerait de moins bien repartir. La fauche a donc été effectuée 3 mois plus tard, en juillet.

Date de fauche : 10 juillet = semis +204 jours



Photo 18 : *C. ensiformis* 4 mois après le semis (28 avril 2015)



Photo 19 : Reprise très faible de *C. ensiformis* 2 mois après la fauche (4 septembre 2015)

La fauche a été réalisée à 20 cm de hauteur pour permettre aux plantes de repartir. Toutes les gousses n'ont pas été récoltées. Le mulch de 5-10 cm a été déposé sous la frondaison de 2 arbres par modalité.

Après la fauche, le couvert n'a pas repris. Seules quelques graines tombées au sol ont germé et donné de nouveaux plants, mais les adventices ont globalement pris le dessus (photo 19).

Cela n'est donc pas suffisant pour bien couvrir le sol. En mars 2016, il n'en reste aucune trace.

- *Crotalaria spectabilis*

Point étape 4 mois après semis : beau couvert, bien développé, couvrant, en fleurs et avec quelques gousses (photo 20). Sous le couvert, très peu d'adventices se sont installées. Comme il s'agit d'une annuelle, nous avons attendu que les graines se ressèment naturellement avant de faucher pour suivre si un sur-semis était envisageable. La fauche a donc été réalisée 3 mois après, en juillet.

Date de fauche : 10 juillet = semis +204 jours

La fauche a été réalisée à ras, les gousses avaient déjà éclaté. Le mulch de 15 cm a été déposé sous la frondaison de 2 arbres par modalité.



Photo 20 : *C. spectabilis* 4 mois après le semis (28 avril 2015)



Photo 21 : Plants isolés de *C. spectabilis* huit mois après la fauche, peut-être issus de graines présentes dans le mulch (29 mars 2016)

Après la fauche, le couvert n'a pas repris, aucune des graines tombées au sol n'a germé. Seuls quelques plants isolés ont résisté huit mois après la fauche (photo 21).

- *Stylosanthes Campo Grande*

Point étape 4 mois après semis : bon développement (environ 30-40cm, Photo 22) mais il y a quelques espaces vides colonisés par les adventices : entre les lignes de semis et là où les graines n'auraient pas germé (mais 90% de germination en godet). Il aurait été préférable de semer cette plante à la volée pour obtenir une meilleure couverture. Avant de faucher, nous avons attendu que les plantes soient plus hautes afin qu'elles puissent facilement repartir ensuite.

Date de fauche : 4 septembre = semis + 260 jours



Photo 22 : *Stylosanthes* Campo Grande 4 mois après le semis (4 avril 2015)



Photo 23 : *Stylosanthes* 9 mois après le semis, le jour de la fauche (4 septembre 2015)

La fauche a été réalisée à 30 cm du sol, pour favoriser la reprise du couvert. Selon des experts locaux, une fauche à plus de 20 cm de hauteur permet au plant de repartir. Le couvert à ce moment-là est très bien développé (Photo 23) et contrôle très bien l'enherbement (Photo 24), sauf quelques sensibles hautes sur une répétition. Le mulch de 30 cm environ a été réparti sous la frondaison de 2 arbres (environ 140 cm de rayon).



Photo 24 : Absence d'adventices sous le couvert, 9 mois après le semis (4 septembre 2015)



Photo 25 : Couvert partiel de *Stylosanthes* 6 mois après la fauche (29 mars 2016)

Un mois après la fauche, l'agriculteur a passé le gyrobroyeur sur sa parcelle, le *Stylosanthes* a donc été coupé encore plus bas, à environ 10 cm. Malgré la saison sèche, le couvert repart deux mois après la fauche. Cependant, six mois après la fauche, il ne reste plus beaucoup de *Stylosanthes*, seulement une présence diffuse qui ne permet pas de contrôler les mauvaises herbes (Photo 25).

- Mélange *Brachiaria decumbens* et *Stylosanthes* Campo Grande

Point étape 4 mois après semis : les deux espèces se sont bien développées, exceptés certains espace vides (Photo 26). Le semis à la volée semble bien approprié, il y a une bonne couverture laissant peu de place aux adventices. Nous avons attendu que les couverts soient plus hauts avant de faucher pour les mesures de biomasse.

Date de fauche : 4 septembre = semis + 227 jours

La fauche a été réalisée à 30 cm du sol, pour favoriser la reprise du couvert. Sous le couvert il n'y a pas d'adventices, sauf quelques sensibles sur une répétition. On retrouve davantage de *Stylosanthes* que de *B. decumbens* sur 2 répétitions (Photo 27). Sur une autre répétition en revanche, le couvert étant moins bien développé, il y a proportionnellement davantage de *B. decumbens*. Au fur et à mesure du développement de ce mélange de couverts, le *Stylosanthes* prend le dessus sur le *B. decumbens*. Le mulch de 35 cm environ a été réparti sous la frondaison de 2 arbres (environ 130 cm de rayon).



Photo 26 : *B. decumbens* en mélange avec *Stylosanthes* 4 mois après le semis (28 avril 2015)



Photo 27 : Prédominance de *Stylosanthes* sur *B. decumbens* dans le mélange, le jour de la fauche (4 septembre 2015)

Un mois après la fauche, l'agriculteur a passé le gyrobroyeur sur sa parcelle, les couverts ont donc été coupés encore plus bas, à environ 10 cm. Cependant, deux mois après la fauche le couvert repart et ce malgré la saison sèche. Quatre mois après la fauche, la tendance s'inverse et le *B. decumbens* est plus développé que le *Stylosanthes*. Cela est intéressant car le *B. decumbens* étouffe les adventices pour permettre le développement plus lent du *Stylosanthes*. Par contre, six mois après la fauche, en mars 2016, on se rend compte qu'il reste un peu de *B. decumbens* et que *Stylosanthes* Campo Grande a quasiment disparu.

- ***Desmodium ovalifolium*** : quelques mois après la plantation, les boutures se sont installées mais les adventices commencent à prendre le dessus. Cette modalité a donc été désherbée à 2 reprises à la débroussailleuse afin de permettre un meilleur développement. Un an après plantation, le *D. ovalifolium* s'installe progressivement mais est envahi d'adventices (Photo

28). Ce couvert n'a pas été fauché car il n'était pas suffisamment développé pour obtenir un mulch épais. En revanche, 14 mois après la plantation, le couvert est bien installé sur une modalité, et maîtrise plutôt bien les adventices.



Photo 28 : Implantation fragmentaire de *D. ovalifolium* un an après l'implantation (5 janvier 2016)



Photo 29 : Bonne installation de *D. ovalifolium* 14 mois après plantation (29 mars 2016)

- ***Arachis pintoï*** : quelques mois après plantation, les boutures sont bien installées à certains endroits mais les adventices semblent prendre le dessus. Cette modalité a donc été débroussaillée à 2 reprises afin de permettre un meilleur développement du couvert. En saison sèche, le couvert est marqué par le manque d'eau (Photo 30), mais en saison des pluies il repart bien (Photo 31). Un an et demi après la plantation, le couvert est bien installé et forme un tapis dense, avec à certains endroits des graminées ou des sensibles.



Photo 30 : *A. pintoï* en saison sèche (29 octobre 2015)



Photo 31 : *A. pintoï* en saison des pluies (5 janvier 2016)

3.2 Production de biomasse et hauteur des couverts

On s'intéresse ici à la capacité des différentes espèces à produire de la biomasse qu'on dispose en paillage autour des troncs de citronniers. Nous avons mesuré la hauteur des couverts avant la fauche et la biomasse présente sur une surface déterminée (0,25m²). Ici, surtout la masse de la matière sèche nous intéresse car c'est elle qui servira de paillage une fois que les plantes fauchées auront séché autour du pied de citronnier, mais on a aussi mesuré la matière fraîche pour donner une référence par rapport à la bibliographie.

- Hauteur des couverts

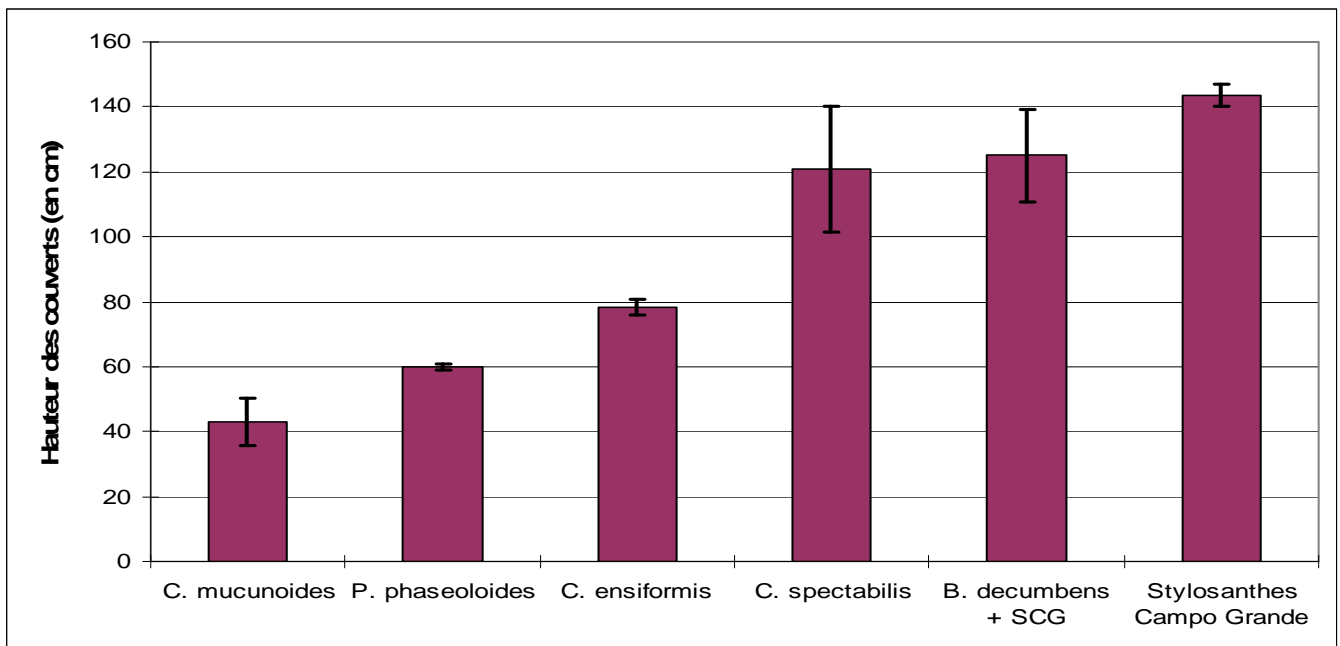


Figure 4 : Hauteur moyenne des différents couverts au moment de la fauche (avec écarts-types)

C. mucunoides et *P. phaseoloides* sont des couverts rampants relativement bas (<60 cm), ils permettent donc aux agriculteurs d'accéder à leur parcelle pour l'entretien des arbres ou encore la récolte. En revanche, *C. spectabilis*, *Stylosanthes* Campo Grande et *B. decumbens* sont à port érigé et très hauts (>1,20m), l'agriculteur ne peut donc pas traverser ces couverts. Dans un verger, ces couverts doivent donc être installés sur un rang sur deux pour avoir toujours un côté de l'arbre accessible. *C. ensiformis* se situe entre ces deux extrêmes (78 cm), le passage sur l'inter-rang étant toujours possible mais assez difficile.

- Production de biomasse

Les résultats de la biomasse sont corrélés avec ceux de la taille des couverts (Figure 4). On retrouve le même ordre entre les différentes espèces suivies. Il y a une relation proportionnelle entre la taille d'un couvert et la quantité de matière sèche qu'il a produite.

C. mucunoides s'est rapidement développée pour former un couvert dense, cependant la biomasse produite est la plus faible (2,2 t/ha de matière sèche). *P. phaseoloides*, qui est également une liane rampante à tendance envahissante, donne une biomasse similaire (2,8 t/ha de matière sèche). Le *C. ensiformis* présente une biomasse intermédiaire par rapport aux autres couverts (3,4 t/ha de matière sèche). Le *Stylosanthes* seul ou en mélange avec *B. decumbens* produit une forte biomasse (respectivement 6,3 et 7,1 t/ha de matière sèche), avec une forte hétérogénéité remarquée entre les blocs (pour *Stylosanthes* seul on a un bloc plus faible à 2,6 t/ha, et pour le mélange le même bloc se retrouve plus fort que les autres, à 9,2 t/ha). On remarque que le mélange avec *B. decumbens* a produit une biomasse moyenne légèrement plus importante alors que ce mélange a été semé un mois plus tard, c'est d'ailleurs ce qui était recherché en implantant cette espèce avec le mélange. Enfin, le *C. spectabilis* présente une matière sèche importante mais en dessous des 2 couverts de *Stylosanthes* (5 t/ha), avec encore une forte hétérogénéité inter-blocs (on a des masses de 2,2 t/ha, 5,8 t/ha et 7,1 t/ha).

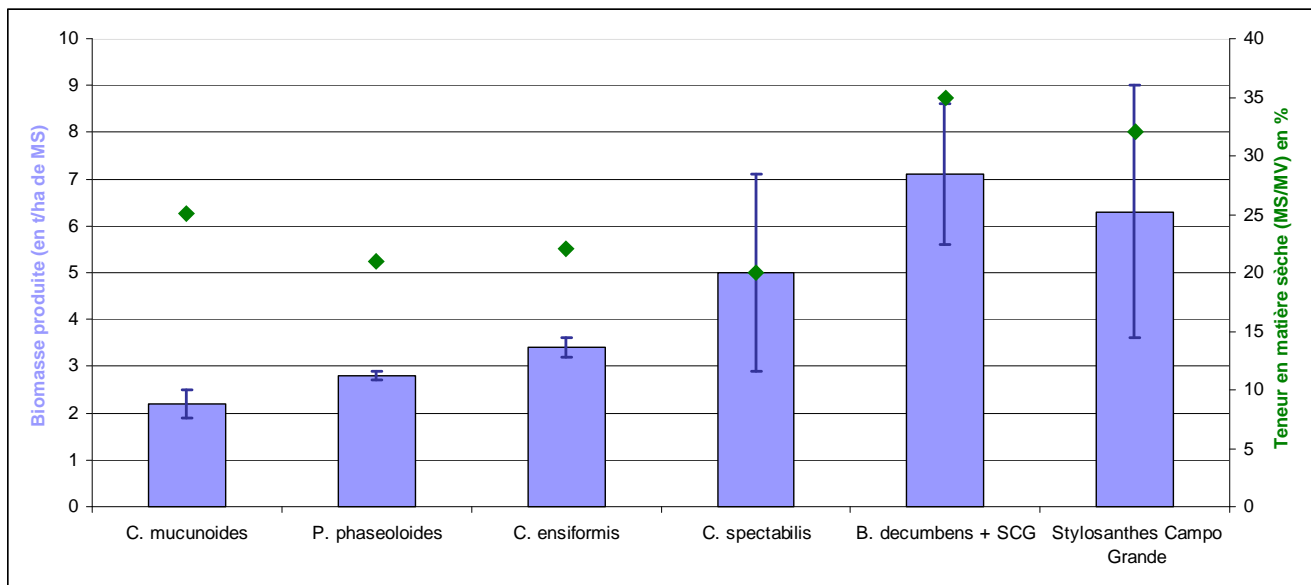


Figure 5 : Masse de la matière sèche des différents couverts au moment de la fauche (en t/ha, avec écarts-types) et teneur en matière sèche (en % de matière fraîche)

Quant à la teneur en matière fraîche, on se rend compte que toutes les espèces sont assez homogènes, sauf les deux couverts avec *Stylosanthes* qui s'avèrent contenir moins d'eau. Ceci est probablement dû au fait que cette espèce est semi-ligneuse et donc contient moins d'eau qu'une herbacée vraie, ou alors au fait que l'on se trouvait en septembre lors de la fauche en pleine saison sèche. On peut aussi noter le fait que *C. spectabilis* est une espèce assez haute qui produit beaucoup de biomasse mais qui contient en fait beaucoup d'eau.

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des données bibliographiques de biomasse

Espèces	Matière sèche potentielle selon la bibliographie (t/ha)
<i>C. mucunoides</i>	4 à 6
<i>P. phaseoloides</i>	8 à 10
<i>C. ensiformis</i>	3 à 6
<i>C. spectabilis</i>	4 à 6
<i>Stylosanthes</i> Campo Grande	7 à 8
<i>B. decumbens</i> et <i>Stylosanthes</i> Campo Grande	<i>B. decumbens</i> seul : 10 à 18

Seules, deux espèces correspondent aux valeurs de biomasse trouvées dans la bibliographie : *C. ensiformis* et *C. spectabilis* (Tableau 2). Mais cela est difficile à comparer car on ne sait pas comment ces valeurs de biomasse ont été obtenues, elles peuvent ne pas être adaptées à un contexte tropical avec une alternance des saisons telle que nous l'avons en Guyane. Les faibles biomasses obtenues dans l'essai peuvent être la conséquence d'une trop faible densité de semis, d'un trop faible taux de germination ou surtout du fait que les données bibliographiques sont sûrement des valeurs annuelles et que nous avons réalisé l'essai sur moins d'un an pour chaque espèce. Sachant cela, on peut considérer que les biomasses produites sont considérables et correspondent plutôt bien aux valeurs attendues.

4. Résultats de la 2^{ème} partie : paillage sur le rang

Après la phase de croissance, nous avons fauché les couverts pour créer un paillage autour des troncs, sous la frondaison des citronniers. Seuls, deux couverts n'ont pas été fauchés, *D. ovalifolium* et *A. pintoii*. En effet, le caractère rampant de ses espèces ne permet pas la création d'un mulch. La croissance étant différente pour chaque espèce, les paillages présentent des épaisseurs différentes, récapitulées dans le Tableau 3.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des épaisseurs de paillage disposées au pied des citronniers sous la frondaison après la fauche des couverts (en cm) et des dates de fauches

Espèces	Épaisseur du mulch	Date de fauche	Durée semis -> fauche (en jours)
<i>Calopogonium mucunoides</i>	10 cm	19 mai 2015	152
<i>Pueraria phaseoloides</i>	10 cm	19 mai 2015	152
<i>Canavalia ensiformis</i>	5-10 cm	10 juillet 2015	204
<i>Crotalaria spectabilis</i>	15 cm	10 juillet 2015	204
<i>Stylosanthes Campo Grande</i>	30 cm	4 septembre 2015	260
<i>Brachiaria decumbens</i> avec <i>Stylosanthes</i>	35 cm	4 septembre 2015	227
<i>Desmodium ovalifolium</i>	Pas de fauche, plante rampante		
<i>Arachis pintoii</i>	Pas de fauche, plante rampante		

4.1 Evolution du mulch sous les arbres et impact sur les adventices

- ***Calopogonium mucunoides*** : deux mois après la fauche, le mulch a été bien dégradé (Photo 33), il fait entre 1 et 4 cm à certains endroits et a complètement disparu sur une modalité. Les adventices se sont bien développées autour du tronc et légèrement sous la frondaison. Quatre mois après la fauche, on ne retrouve quasiment plus de mulch et les mauvaises herbes sont réapparues en nombre autour du tronc.



Photo 32 : Mulch de *C. mucunoides* déposé le jour de la fauche (19 mai 2015)



Photo 33 : Mulch dégradé de *C. mucunoides* 2 mois après la fauche (10 juillet 2015)

- ***Pueraria phaseoloides*** : deux mois après la fauche, le mulch est fortement dégradé (Photo 35), il fait entre 1 et 2 cm à certains endroits et a complètement disparu sur une modalité. Les adventices se sont bien développées autour du tronc et légèrement sous la frondaison. Quatre mois après la fauche, on ne retrouve quasiment plus de mulch, il est envahi par des adventices et le couvert de *P. phaseoloides* s'étale depuis l'inter-rang.



Photo 34 : Mulch de *P. phaseoloides* déposé le jour de la fauche (19 mai 2015)



Photo 35 : Mulch de *P. phaseoloides* dégradé 2 mois après la fauche, et recouvrement par les adventices et le couvert (10 juillet 2015)

- ***Canavalia ensiformis*** : deux mois après la fauche, le mulch est toujours épais avec quelques repousses d'adventices. Quatre mois après la fauche, le mulch est très fin (environ 5 cm) avec beaucoup de repousses d'adventices (mais moins que sur les témoins n'ayant pas reçu de mulch). Six mois après la fauche, on retrouve encore *C. ensiformis* dans le mulch mais il n'est plus assez dense pour empêcher les adventices de s'installer (Photo 37). Neuf mois après la fauche, le mulch est totalement dégradé.



Photo 36 : Mulch de *C. ensiformis* le jour de la fauche (10 juillet 2015)



Photo 37 : Mulch de *C. ensiformis* presque dégradé et recouvert d'adventices, 6 mois après la fauche (5 janvier 2016)

- ***Crotalaria spectabilis*** : Deux mois après la fauche, le mulch est toujours épais (environ 10 cm) avec quelques repousses d'adventices. Quatre mois après la fauche, le mulch est encore épais (environ 10 cm), quelques adventices commencent à se développer à travers ce mulch. Six mois après la fauche, le mulch continue à se dégrader en limitant encore partiellement la repousse des adventices et en conservant un rôle de régulation de l'humidité (Photo 39).



Photo 38 : Mulch de *C. spectabilis* le jour de la fauche (4 septembre 2015)



Photo 39 : Mulch de *C. spectabilis* 6 mois après la fauche (5 janvier 2016)

- ***Stylosanthes Campo Grande***: Deux mois après la fauche, le mulch est encore bien épais (environ 15 cm) et il n'y a quasiment pas d'adventices (Photo 41). Quatre mois après, le mulch est encore épais mais quelques adventices commencent à se développer. Six mois après la fauche, le mulch est encore visible.



Photo 40 : Mulch de *Stylosanthes Campo Grande* le jour de la fauche (4 septembre 2015)



Photo 41 : Mulch de *Stylosanthes Campo Grande* en cours de dégradation 2 mois après la fauche (29 octobre 2015)

- ***Stylosanthes Campo Grande* en mélange avec *Brachiaria decumbens***: Deux mois après la fauche, le mulch est encore bien épais (environ 15 cm) et il n'y a quasiment pas d'adventices, de manière très semblable à la Photo 41. A certains endroits, une adventice rampante arrive à se développer à travers le mulch. La saison des pluies ayant ensuite repris, les adventices

se sont bien développés à travers le mulch, quatre mois après la fauche. Six mois après la fauche, le mulch est encore visible.



Photo 42 : Mulch de *B. Decumbens* et SCG le jour de la fauche (4 septembre 2015)

4.2 Analyse de l'azote foliaire

Pour observer l'impact de la dégradation du paillage sur la nutrition azotée de l'arbre et pour vérifier si l'azote fixé par les légumineuses de l'inter-rang est bénéfique à l'arbre (présence de nodules vérifiée), nous avons effectué des échantillonnages de feuilles des arbres afin d'y analyser le taux d'azote. En effet, il s'agit d'un indicateur utilisé parfois en verger pour apprécier l'état nutritionnel des plantes.

Les résultats sont présentés dans la figure 6. On constate une grande différence de teneur en azote entre les deux dates, la teneur en azote en janvier étant presque toujours supérieure à celle d'octobre. A dire d'expert, la teneur en azote foliaire varie beaucoup selon l'heure de la journée, la saison, l'humidité et l'âge de la feuille, ce qui pourrait expliquer cette différence entre les résultats de la saison sèche et de la saison humide.

De ce fait, on ne peut pas donner de conclusion précise concernant la différence entre les modalités sur la base de ces mesures. Les tendances perçues en octobre (taux d'azote de *C. spectabilis* et *Stylosanthes* supérieur au témoin de 11% et 7%) ne se retrouvent pas en janvier (taux d'azote de *C. spectabilis* inférieur au témoin de 5% et taux d'azote de *Stylosanthes* presque identique). Ceci s'explique surtout par les hétérogénéités dans chaque modalité et entre les deux saisons d'échantillonnage. De plus, la faible teneur constatée dans les blocs 2 et 3 du témoin en octobre peut être expliquée par le fait que les deux arbres de chacune de ces répétitions étaient peu vigoureux et donc peut-être déjà carencés. On ne constate donc pas à notre échelle d'augmentation notable de la fertilisation azotée pour l'arbre grâce au paillage.

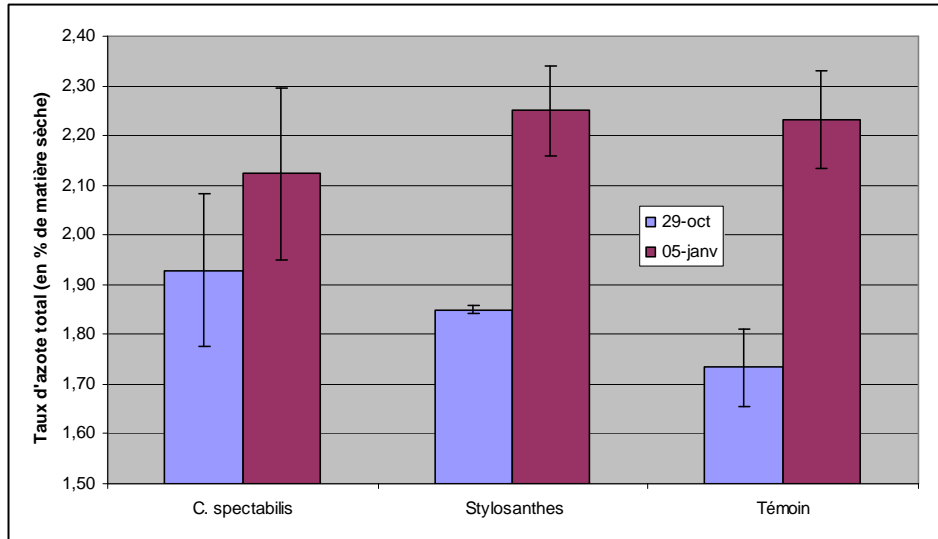


Figure 6 : Taux d'azote foliaire mesuré sur les citronniers avec un paillage de *C. spectabilis*, un autre de *Stylosanthes* Campo Grande, et les témoins sans paillage (avec écart-types)

5. Analyses de sol

5.1 Analyses physico-chimiques

Les analyses de sol nous indiquent que nous sommes sur un sol sablo-limoneux, retenant donc peu l'eau. Pour les analyses de sol initiales, 2 échantillons ont été prélevés sur deux côtés du terrain. Les résultats étant relativement proches, le terrain ne présente donc pas d'hétérogénéité. Pour l'analyse des résultats ci-dessous, les valeurs moyennes de ces 2 analyses ont été utilisées.

L'analyse initiale montre que le sol est pauvre en matière organique (environ 1,8%). Cette faible teneur en matière organique et le peu d'argile nous donne donc une Capacité d'Echange Cationique faible (environ 3,3 mEq/100g). De plus, le rapport C/N est élevé, proche de celui d'un fumier de bovin composté (environ 14), ce qui permet la création d'un humus stable à cause d'une lente dégradation de la matière organique. Le pH est acide (pH eau de 5). Le taux de saturation de la CEC n'est que de 25%, le sol est donc pauvre en éléments nutritifs retenus (phosphore, potassium et magnésium). Les concentrations en calcaire (0.1 g/kg) et en oligo-éléments sont également faibles (cuivre, zinc, manganèse, bore). Enfin, la concentration en fer est très élevée (208 mg/kg) avec un risque de toxicité.

Ce sol est donc peu fertile : manque de matière organique, acidité et carences pour la plupart des éléments nutritifs.

5.2 Analyses biologiques

Des analyses biologiques ont été effectuées par Solicaz, entreprise spécialisée dans le fonctionnement biologique des sols. Il s'agit d'analyser à trois stades différents de chaque couvert l'activité biologique des micro-organismes du sol, ce qui représente un bio-indicateur fiable de la qualité et de la fertilité du sol. Les trois instants considérés sont : t0 un mois après l'implantation du couvert, t1 le jour de la fauche du couvert pour produire le

mulch et t2 quelques mois après la pose du mulch, dates différentes selon les espèces à cause d'une variabilité dans les dates de fauche et dans la vitesse de dégradation du paillage. L'activité biologique du sol est estimée grâce à trois mesures selon Schimann *et al.* (2012)*:

- l'activité respiratoire : dégagement de CO₂, ou SIR pour *Substrate Induced Respiration*. Elle renseigne sur la capacité des micro-organismes du sol à décomposer la matière organique, ce qui en fait un bon indicateur de la biomasse microbienne totale active. Cela permet d'appréhender la minéralisation de la matière organique.
- l'activité dénitrifiante : dégagement de N₂O, ou DEA pour *Denitrifying Enzyme Activity*. Elle donne des informations sur le pouvoir dénitrifiant d'un sol, et comme cette fonction est assurée par un groupe très large de taxons, il s'agit d'un indicateur de la diversité microbienne des sols.
- le rapport DEA/SIR qui constitue un attribut du sol capable de décrire l'état d'un écosystème et de représenter des changements dans les processus écologiques dans les communautés de micro-organismes du sol quant à leurs structures et fonctions.

Les résultats de ces trois indicateurs sont présentés en Annexe 4.

Au temps t0, toutes les parcelles (témoins et plantes de couverture) présentent des valeurs de respiration et de nitrification équivalentes, ce qui permettra de mieux interpréter les différences observées par la suite entre les différentes modalités.

Un effet différent sur le sol en fonction des plantes de couverture

Les résultats de ce dispositif montrent qu'à t1, dans l'inter-rang, la plupart des espèces de couverture induisent une augmentation de l'activité respiratoire, et donc de la biomasse microbienne active, par rapport au témoin : 30% pour *C. ensiformis*, 45% pour *P. phaseoloides*, 20% pour *Stylosanthes* Campo Grande et 15% pour *C. spectabilis* (non significatif). *C. mucunoides* et *B. decumbens* n'ont pas vu d'augmentation de l'activité respiratoire.

Cette amélioration est visible sur l'inter-rang où les couvertures ont été mises en place, mais aussi parfois sur le rang où aucune modification n'a encore été faite, et à un niveau encore plus élevé que dans l'inter-rang. On constate même que dans le cas de *C. mucunoides*, la respiration est supérieure au témoin dans le rang alors qu'il n'y a pas encore eu de modification directe du milieu (le mulch a été déposé le même jour que la prise d'échantillons pour analyse). On peut émettre deux hypothèses : d'une part, l'impact des plantes de couverture peut se faire ressentir jusque dans le rang. En effet, les réseaux racinaires des espèces peuvent parcourir plusieurs mètres, et les exsudats racinaires sont impliqués dans l'amélioration de l'activité biologique des sols (apport d'eau, d'éléments organiques, minéraux... qui stimulent la vie des sols). Néanmoins, cela paraît étonnant, notamment lorsque l'on remarque que pour *C. mucunoides* et *C. spectabilis*, l'activité est améliorée dans le rang et non dans l'inter-rang où la couverture est en place. On peut donc aussi supposer qu'il s'agit d'un artéfact dû à une faible respiration dans le témoin. De plus, il faut signaler que le même témoin est utilisé les mesures à t1 = +5 et +7 mois. Les valeurs de mai sont donc comparées au témoin de juillet.

Quant à la dénitrification, on ne constate globalement pas de différence significative due aux plantes de couverture par rapport au témoin non aménagé, sauf pour *C. mucunoides* et *C.*

spectabilis. Pour la première, on a vu une augmentation de l'activité dénitrifiante sans modification du ratio DEA/SIR. Cela signifie que c'est l'ensemble de la communauté microbienne qui a été activée.

Seule, *C. spectabilis* n'a pas engendré une amélioration globale de la qualité du sol et montre même une baisse de la proportion de bactéries dénitrifiantes, entraînant un changement de la structure de la communauté microbienne. Ce résultat a déjà été observé sur d'autres dispositifs mis en place dans le cadre du RITA. Il est suspecté que cette espèce secrète des composés bactéricides pouvant impacter la communauté dénitrifiante. Il est aussi possible que la nodulation avec des bactéries symbiotiques n'ait pas eu lieu ici.

L'absence de différence dans les ratios DEA/SIR semble indiquer qu'il n'y a pas eu de diversification dans les communautés microbiennes dans l'inter-rang par rapport au témoin.

Si *Stylosanthes* Campo Grande planté seul améliore légèrement la minéralisation du carbone organique, cette augmentation n'est plus mesurable lorsqu'on l'associe à une graminée, *B. decumbens*. Une interprétation possible est que l'herbe détourne pour sa propre croissance le gain en éléments minéraux apporté par la légumineuse, limitant ainsi le développement microbien du sol.

Absence d'effet du mulch sous les citronniers sur les activités biologiques des sols

Les différents couverts végétaux ont été réduits en mulch et ont été déposés au pied des citronniers. Des mesures d'activités biologiques de l'effet du mulch sur la fertilité du sol ont été réalisées en novembre 2015 (t2), c'est-à-dire entre 2 et 6 mois après le dépôt du mulch. En effet, les fauches à t1 ont été réalisées entre mai et septembre 2015, à différentes dates selon les espèces, selon leur vitesse de développement, afin d'obtenir une biomasse suffisante pour créer un mulch.

Les paillages les plus anciens (*P. phaseoloides* et *C. mucunoides*) n'étaient plus visibles au moment des mesures. Par contre, pour les 4 autres modalités, des résidus étaient toujours en place. Aucune différence d'activité biologique n'a cependant été détectée entre les paillages et la modalité témoin. Une hypothèse simple peut être avancée : l'absorption par les arbres des éléments nutritifs mis à disposition par le mulch est rapide et ce mulch est alors insuffisant pour permettre au sol de s'enrichir biologiquement. La mise en place d'un témoin « présence de mulch sans citronnier » aurait pu permettre de confirmer cette hypothèse. D'autres expérimentations passées dans le cadre du RITA ont montré que l'amélioration de la qualité du sol par l'apport de mulch était éphémère et ne durait que le temps de décomposition de celui-ci. Les mêmes résultats sont observés ici.

Un témoin mulché sans arbre aurait permis aussi de vérifier une autre hypothèse, celle de l'effet arbre. On a remarqué en saison sèche que dans la modalité témoin, l'activité respiratoire est plus importante sous les arbres que dans l'inter-rang. L'arbre crée des conditions favorables à la vie du sol, qui permettent de mieux passer la saison sèche, ce que ne permet peut-être pas autant le mulch, d'où l'absence d'effet sur l'activité biologique du sol.

6. Analyse des modalités de mise en place et de l'entretien du couvert

La mise en place des couverts par semis a été fastidieuse car nous avons réalisé un semis manuel en ligne pour avoir un développement homogène des couverts. En revanche, pour un agriculteur disposant d'un semoir, ce travail est relativement simple. De plus, le semis à la volée, comme réalisé pour le mélange *Stylosanthes* Campo Grande + *B. decumbens*, a bien fonctionné. Ce type de semis encore plus simple est donc également envisageable. Les couverts nécessitant un bouturage demandent beaucoup plus de temps à la mise en place (*Arachis pinto* et *Desmodium ovalifolium*). Par exemple, la mise en place des premières boutures de *D. ovalifolium* a demandé 2 heures de travail à 3 personnes, soit environ 6 heures pour une seule personne, sans compter le ramassage des boutures (2 heures pour une personne) et leur préparation (2 heures encore pour une personne). Le semis des 6 autres espèces a mobilisé 2 personnes pendant 6 heures, soit environ 2 heures par couvert pour une seule personne. Ces durées seraient bien sûr inférieures dans le cas où l'agriculteur procéderait lui-même à l'implantation des couverts, car l'expérimentation demande en plus de délimiter les différentes modalités réparties aléatoirement. Il est important de réaliser ces semis et bouturages dans de bonnes conditions : terre préparée finement et en début de saison des pluies.

L'entretien des couverts à port érigé (*C. spectabilis*, *Stylosanthes*, *B. decumbens* et *C. ensiformis*) est simple : il suffit d'entretenir les couverts en début de cycle en coupant les herbes trop hautes. Pour les couverts rampants à installation lente tels qu'*A. pinto* et *D. ovalifolium*, il est nécessaire d'entretenir régulièrement le couvert (coupe des herbes dépassant du couvert) afin que les couverts prennent le dessus sur les adventices. Enfin, les lianes *C. mucunoides* et *P. phaseoloides* demandent beaucoup d'entretien du fait de leur caractère envahissant. Il faut régulièrement faucher ces couverts car ils se développent très vite et faire attention à ce qu'ils ne grimpent pas aux troncs ou aux branches des arbres (dans le cas où les fruitiers ne sont pas taillés).

7. Synthèse des résultats et discussion

7.1 Synthèse des caractéristiques observées par espèce

Dans une optique de production de biomasse dans l'inter-rang pour ensuite redéposer le mulch sur le rang à l'aide d'un broyeur SDS, le couvert le plus intéressant est ***Stylosanthes Campo Grande***. En effet, ce couvert donne une biomasse dense qui permet de bien limiter l'enherbement sur l'inter-rang et de créer un mulch épais se dégradant lentement (présence de parties ligneuses) pour ainsi gérer également l'enherbement sur le rang. De plus, ce couvert supporte bien la fauche (même basse), résiste bien à la saison sèche et n'est pas envahissant. Son inconvénient pour les agriculteurs pourrait être sa hauteur, qui peut s'avérer gênante pour travailler sur la parcelle. Cependant, il est envisageable de faucher ce couvert dès qu'il atteint une hauteur jugée trop gênante par l'agriculteur, ou n'implanter qu'un rang sur deux.

Le mélange de ce couvert avec du ***Brachiaria decumbens*** n'a pas montré un avantage marqué par rapport à l'utilisation de *Stylosanthes* seul. En effet, il n'y a pas eu plus de biomasse produite comme nous l'envisagions. De plus, cette graminée présente l'inconvénient d'utiliser l'azote présent dans l'inter-rang, contrairement à une légumineuse qui fixe l'azote atmosphérique.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des caractéristiques observées chez les 8 espèces analysées

Espèces	Cycle	Port	Couverture du sol	Hauteur (+ : couvert bas)	Production de biomasse	Reprise après fauche	Tenue du mulch	Effet sur la biologie du sol	Entretien	Remarques
<i>Calopogonium mucunoides</i>	Pérenne	Rampante	++	++	+	+++	-	0	-	Envahissant
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Pérenne	Rampante	++	++	+	+++	-	++	-	Très envahissant
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Annuelle	Erigée	++	.	++	.	++	0	++	
<i>Canavalia ensiformis</i>	Annuelle	Erigée	+	+	++	+	+	++	++	Développement en conditions difficiles
<i>Stylosanthes campo grande</i>	Bi-annuelle	Erigée	++	.	+++	++	++	++	++	
<i>Stylo + Brachiaria decumbens</i>	Bi-annuelle/Pérenne	Erigée	++	.	+++	++	++	0	++	
<i>Desmodium ovalifolium</i>	Pérenne	Rampante	++ (lente)	+++	.	++	NA	0	+	(important puis limité)
<i>Arachis pintoï</i>	Pérenne	Rampante	++ (lente)	+++	.	++	NA	NA	+	(important puis limité)

Les couverts d'*Arachis pintoï* et de *Desmodium ovalifolium* ne se sont pas suffisamment installés sur la parcelle pour que l'on puisse suivre leur effet. Ces couverts rampants sont à utiliser dans une optique de couverture totale de la parcelle (rang et inter-rang). Il est également possible d'utiliser un broyeur SDS pour entretenir ces couverts (coupe des adventices hautes et coupe du couvert pour stimuler sa croissance) et déposer le mulch sur le rang. Ces couverts intéressent les agriculteurs car ils restent très bas et ne gênent pas l'accès aux arbres. En revanche, la plantation des boutures est fastidieuse et le temps d'installation de ces deux couverts est relativement long. Une fois installés, les couverts ne demandent que des entretiens ponctuels et donnent une biomasse dense, efficace pour limiter l'enherbement.

Pueraria phaseoloides et *Calopogonium mucunoides* sont des lianes se développant très rapidement et repoussant facilement après une fauche. Ces couverts demandent un entretien très fréquent pour éviter qu'ils n'envahissent la parcelle et ne s'accrochent aux arbres. De plus, la production de biomasse de ces couverts est relativement faible par rapport aux autres couverts et le mulch se dégrade rapidement (certainement dû à l'absence de parties ligneuses sur ces plantes). Il ne paraît donc pas pertinent de les utiliser en plantes de couverture.

Le *Canavalia ensiformis* a présenté une couverture du sol assez limitée, une production de biomasse et une tenue du mulch moyennes et une absence de reprise du couvert après la fauche. Par contre, ce couvert présente l'avantage de très bien supporter des conditions pédoclimatiques difficiles, ce qui est un atout non négligeable.

Enfin, le couvert de *Crotalaria spectabilis* présente des résultats mitigés : il s'agit d'un couvert haut pouvant gêner l'accès à la parcelle et cette plante annuelle ne se resème pas naturellement. Par contre, la production de biomasse est importante et dense, limitant l'enherbement dans l'inter-rang. De plus, cette biomasse crée un mulch se dégradant lentement permettant ainsi de limiter l'enherbement sur le rang. Néanmoins, le prix de cette semence peut être un frein considérable s'il faut la ressemer à chaque saison.

En conclusion, dans le cadre d'un essai de plantes de couverture en vue d'un broyage puis d'un paillage sur le rang, il semble que l'espèce qui a donné le plus de résultats dans notre étude est *Stylosanthes Campo Grande*, il est donc indispensable de la tester dans un prochain essai, avec ou sans *B. decumbens* qui n'a pas apporté de plus-value flagrante. *Crotalaria spectabilis* a également produit beaucoup de biomasse mais sa reprise après la fauche n'est pas satisfaisante. On peut donc essayer à nouveau cette espèce pour améliorer cet aspect. Les deux lianes *P. phaseoloides* et *C. mucunoides* sont trop envahissantes et pas assez hautes pour les utiliser efficacement en mulch. Enfin, les deux plantes à port rampant *D. ovalifolium* et *A. pintoii* n'ont pas permis du tout la fauche à cause de leur très faible hauteur. Cependant, elles permettent un contrôle des adventices efficace.

7.2 Discussion sur les résultats

La qualité des semences de *Cajanus cajan* est très médiocre au vu des résultats de taux de germination en godet et du développement du couvert au champ. Ces semences sont peut être trop anciennes ou ont été conservées dans de mauvaises conditions. Il semble plus intéressant de passer directement par les semenciers du Brésil.

Concernant la période de semis ou de bouturage des plantes de couvertures, il est important de s'assurer qu'il y aura suffisamment de pluies par la suite pour permettre une bonne germination et un développement optimal des couverts. Il faut donc éviter de réaliser la mise en place des couverts entre les mois de juin et novembre et plutôt attendre les premières pluies de la saison des pluies.

Une préparation du sol adéquate est également une étape importante pour obtenir un bon taux de germination des semences. En effet une préparation du sol suffisamment fine permettra d'avoir un bon contact entre les graines et le sol, ce qui favorisera la levée.

7.3 Impressions de l'agriculteur

Pour l'instant, l'agriculteur n'a pas fait de constat sur les rendements. Cependant, il constate que les plantes de couvertures limitent bien l'enherbement. Il trouve que certaines sont trop hautes (*Stylosanthes* et *C. spectabilis*), ce qui gêne le passage. Les plantes plus basses sont en revanche intéressantes (*D. ovalifolium* et *A. pintoii*) et font un bon couvert. Les plantes grimpantes (*C. mucunoides* et *P. phaseoloides*) font également un bon couvert mais envahissent les citronniers.

7.4 Perspectives

Il serait intéressant de conduire un nouvel essai avec certains de ces couverts. L'*A. pintoii* et le *D. ovalifolium* sont installés depuis 1 an voire 1 an et demi et ce sont des couverts appréciés par les agriculteurs, il est donc justifié de continuer à suivre ces couverts.

Par ailleurs, il est dommage que le *Cajanus cajan* n'ait pas germé car d'après la bibliographie brésilienne, il s'agit d'un couvert très intéressant : légumineuse adaptée au contexte pédoclimatique, forte production de biomasse, bonne reprise, mulch légèrement ligneux. Un futur essai pourrait donc intégrer ce couvert pour vérifier ces caractéristiques.

Il serait bien évidemment judicieux de reconduire un essai avec un couvert de *Stylosanthes* Campo Grande, couvert ayant pour le moment les caractéristiques les plus adaptées à une gestion de l'enherbement par broyage de l'inter-rang déposé en mulch sur le rang. Il serait pertinent de tester à nouveau le mélange *Stylosanthes* + *B. decumbens*, mais en semant les graines à la volée pour vérifier l'intérêt de la graminée qui devrait normalement assurer une biomasse plus importante et maîtriser les adventices le temps que *Stylosanthes* pousse, notamment après une fauche.

Sachant que le CIRAD travaille à collectionner des variétés de plantes couvrantes natives de Guyane, il serait intéressant d'en essayer certaines pour les utiliser localement.

Enfin, ce futur essai avec ces 4 couverts ou plus pourrait être réalisé chez un producteur équipé d'un broyeur SDS (*Side Delivery System*) permettant de broyer les inter-rangs et d'envoyer le mulch sur le rang. L'essai pourrait également être fait à plus grande échelle, avec les différents couverts semés sur tout un inter-rang. Ainsi, le broyeur pourrait passer sur toute la longueur de l'inter-rang.



Photo 43 : Broyeur SDS lors d'une journée de démonstration à Javouhey (*Chambre d'Agriculture de la Guyane*)

L'association des Producteurs de Fleurs, Fruits et Légumes de Guyane (PFFLG) a entrepris avec quelques agriculteurs de tester les plantes de couverture dans les cultures. L'implantation d'*Arachis pintoï*, de *Crotalaria spectabilis* et de *Stylosanthes* Campo Grande est prévue en décembre 2016 dans des parcelles de bananiers. Les deux dernières espèces seront semées dans un inter-rang sur deux pour ne pas gêner le passage des engins. Ces initiatives font l'objet d'une demande de MAEC (Mesure Agro-Environnementale et Climatique) sans herbicide.

Liste des annexes

- Annexe 1 : Protocole 1 - Évaluation de la mise en place et de la production de biomasse de différentes plantes de couverture en inter-rang de citronniers.
- Annexe 2 : Protocole 2 - Évaluation de l'impact et de la tenue du mulch de différentes plantes de couverture sur rang de citronniers.
- Annexe 3 : Analyses physico-chimiques du sol
- Annexe 4 : Analyses biologiques du sol
- Annexe 5 : Pour en savoir plus sur les plantes de couvertures

ANNEXE 1 : PROTOCOLE 1

Date du Document: 17/06/2014
MAJ : 09/09/2014

Lieu	Javouhey, Guyane, France
Partenaires	DAAF/SALIM, PFFLG, Solicaz
Titre	Evaluation de la mise en place et de la production de biomasse de différentes plantes de couverture en inter-rang de citronniers.
Introduction	Dans la continuité des actions engagées dans le cadre du plan EcophytoDOM, l'unité Offre et Qualité Alimentaire et la PFFLG souhaitent mettre en place un essai sur différentes plantes de couverture sous verger de citronniers à Javouhey afin de trouver une alternative à l'utilisation des traitements herbicides dans le cadre de la MAE B1.
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluer la production de biomasse de différentes plantes de couverture en inter-rangs de citronniers dans le but de gérer l'enherbement à la fois sur l'inter-rang et dans un deuxième temps sur le rang grâce à la production de mulch. A terme cet essai doit permettre d'évaluer l'opportunité d'une gestion mécanisée de l'inter-rang et du mulch au moyen d'outils adaptés fauchant et broyant l'inter-rang et positionnant le broyat en mulch sur le rang de plantation. Cet essai permettra donc d'estimer si la biomasse produite sur le verger est suffisante pour 'mulcher' les rangs de plantation ou si un apport extérieur est nécessaire. • Suivre la reprise (ou pérennité) du couvert après une fauche • Evaluer les modalités de mise en place des cultures de couverture • Evaluer l'impact des plantes de couverture sur le sol
Lieu d'implantation et descriptif de la parcelle d'essai	<p><u>Lieu d'implantation</u> : exploitation de M. LY KA, Javouhey. Sur sa parcelle de citronniers, M. Ly KA a souscrit à la MAE B1 (suppression des traitements herbicides sous cultures arboricoles) ainsi qu'à la MAE F1 (création de haies localisées).</p> <p><u>Description de la parcelle d'essai</u> : parcelle de 1 ha, sol sableux, précédent jachère, citronniers de 2 ans espacés de 8m et 7m entre les rangs.</p>
Modalités	<p><u>Témoin</u> : pratiques habituelles de l'agriculteur, inter-rangs nus avec passage de gyrobroyeur. <u>9 modalités soit 9 plantes de couverture</u> en inter-rang sur 2 m avec fertilisation habituelle de l'agriculteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Par boutures : <i>Arachis pintoï</i>, <i>Desmodium ovalifolium</i> - Par semis : <i>Canavalia ensiformis</i>, <i>Stylosanthes campo grande</i>, <i>Pueraria phaseoloides</i>, <i>Calopogonium mucunoides</i>, <i>Crotalaria spectabilis</i>, <i>Cajanus cajan</i>, <i>Brachiaria decumbens</i> en mélange avec <i>Stylosanthes campo grande</i>. <p>A T0, mise en place des plantes de couverture sur un inter-rang sur deux. A la période définie comme optimale, fauche du couvert végétal et mise en place du mulch sur les rangs.</p>
Dispositif expérimental	<ul style="list-style-type: none"> • 3 répétitions des 10 modalités donc 30 parcelles élémentaires réparties sur 6 inter-rangs • Un bloc correspond à 2 inter-rangs en retirant les bordures (96 m - 16 m) • Une parcelle élémentaire fait 32 m² (2m X 16m) • Dispositif en blocs
Notations	<p><u>Développement du couvert</u> : Suivi du taux de germination en laboratoire et des boutures ayant prises.</p> <p><u>Production de biomasse du couvert</u> : mesure de la matière verte et de la matière sèche</p>

	<p>Prélèvement du couvert sur 3 endroits de 20X20 cm par unité expérimentale au moment de la fauche, passage à l'étuve (65°C pendant 3 jrs) et pesée. Mesure de la hauteur du couvert au moment de la fauche.</p> <p><u>Optimum de fauche</u> : détermination du temps après semis/plantation pour avoir une production de biomasse optimale pour la fauche.</p> <p><u>Impact sur le Sol</u> : Analyse physico-chimique du sol : au début de l'essai et à la fin (fin de l'essai à déterminer ultérieurement) sur 5 échantillons pour voir l'hétérogénéité de la parcelle. Analyse biologique du sol sur certains couverts (à définir) par Solicaz au début de l'essai et après la fauche.</p> <p><u>Coût et temps de travail pour la mise en place et de l'entretien du couvert</u> : désherbage préalable, semis ou plantation des boutures, fauche du couvert.</p>
Besoins en matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Gyrobroyeur (désherbage préalable de la parcelle, entretien du témoin) - Semoir manuel et râteau - Semences et boutures - Piquets : 30 notations modalités + 36 délimitation suivi développement des boutures - Mètre - Sachets pour prélèvement du couvert - Etuve et bacs - Cahier de suivi pour l'agriculteur
Contacts	<p>Anais LAMANTIA / Damien LAPLACE Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt Service de l'Alimentation, unité Offre et Qualité Alimentaire Parc Rebard - BP 5002 97 305 Cayenne 06.94.24.47.25</p> <p>Julie LAUNAY - PFFLG 18, rue du ravin, Village Javouhey 97 318 Mana 06.94.21.01.91</p>
Auteurs du protocole	<p>Anais LAMANTIA Julie LAUNAY Philippe JACOLOT Damien LAPLACE</p>
Calendrier	<p><u>Juillet 2014</u> : installation du couvert, analyse de sol état initial et début des notations</p>
Partage des tâches	<p>Suivi partagé Julie LAUNAY (PFFLG) et Anais LAMANTIA (DAAF/SALIM) à raison d'environ 1 passage toutes les 3 semaines.</p>
Commentaires	<p>Cette parcelle servira en parallèle à un autre essai sur l'évaluation de la tenue du mulch du couvert fauché et déposé sur le rang pour gérer l'neherbement au pied des arbres.</p>

ANNEXE 2 : PROTOCOLE 2

Date du Document: 17/06/2014

MAJ : 22/05/2015

Lieu	Guyane, France
Partenaires	DAAF/SALIM, PFFLG, Solicaz
Titre	Evaluation de l'impact et de la tenue du mulch de différentes plantes de couverture sur rang de citronniers.
Introduction	Dans la continuité des actions engagées dans le cadre du plan EcophytoDOM, l'unité Offre et Qualité Alimentaire et la PFFLG souhaitent mettre en place un essai sur différentes plantes de couverture sous verger de citronniers à Javouhey afin de trouver une alternative à l'utilisation des traitements herbicides dans le cadre de la MAE B1.
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluer sur le rang des citronniers la tenue de différents mulchs dans le but de gérer l'enherbement sur le rang. Le mulch provient de l'essai mené en parallèle à partir de différentes plantes de couverture semées en inter-rangs. A terme cet essai doit permettre de vérifier si la biomasse produite sur l'inter-rang est suffisante pour constituer un mulch efficace sur le rang et donc d'envisager une option mécanisée de la lutte contre les adventices tout en réduisant les intrants (herbicides et engrais azotés). • Mettre en relation la quantité de biomasse produite en inter-rang et la quantité de mulch nécessaire pour gérer l'enherbement sur le rang. • Evaluer l'impact du mulch sur les adventices. • Evaluer l'impact du mulch sur le sol et l'azote foliaire. • Evaluer les modalités de mise en place des mulchs.
Lieu d'implantation et descriptif de la parcelle d'essai	<p><u>Lieu d'implantation</u> : exploitation de M. LY KA, Javouhey.</p> <p>Sur sa parcelle de citronniers, M. Ly KA a souscrit à la MAE B1 (suppression des traitements herbicides sous cultures arboricoles) ainsi qu'à la MAE F1 (création de haies localisées).</p> <p><u>Description de la parcelle d'essai</u> : parcelle de 1 ha, sol sableux, précédent jachère, citronniers de 2 ans espacés de 8 m et 7 m entre les rangs.</p>
Modalités	<p><u>témoin</u> : pratiques habituelles de l'agriculteur, rang nu.</p> <p><u>8 modalités</u> : les 8 modalités correspondent aux 8 différents mulchs réalisés à partir des 8 plantes de couvertures présentes en inter-rang (le <i>Cajanus cajan</i> a été supprimé pour cet essai car son développement a été très limité). Le mulch d'une modalité est déposé sous la jupe de 2 arbres. Les 8 modalités ne seront pas forcément réalisés simultanément, le début des essais dépendant de la date de fauche optimale des couverts.</p> <p>Les 8 plantes de couverture sont : <i>Arachis pintoï</i>, <i>Desmodium ovalifolium</i>, <i>Canavalia ensiformis</i>, <i>Styloanthès campo grande</i>, <i>Pueraria phaseoloides</i>, <i>Calopogonium mucunoides</i>, <i>Crotalaria spectabilis</i>, et <i>Brachiaria decumbens</i> en mélange avec <i>Styloanthès campo grande</i>.</p> <p>A TO, fauche du couvert de l'inter-rang puis les mulchs sont déposés sous la jupe de 1 ou 2 citronniers (avec passage de débroussailluse sous la jupe de l'arbre avant le dépôt du mulch). Début des notations.</p>

Dispositif expérimental	<ul style="list-style-type: none"> • 2 arbres couverts d'une micro-parcelle pour les 24 modalités (3 répétitions de 8 modalités) donc 24 parcelles élémentaires réparties sous la jupe des arbres sur 2,5mX2m environ. • Un bloc correspond à 2 rangées d'arbres en retirant les arbres situés en bordure. Le couvert produit dans l'inter-rang sert à mulcher les pieds de 2 arbres sur le rang situé à côté du couvert. • Une parcelle élémentaire fait environ 5 m² (2m X 2.5m). En fonction de la quantité de biomasse produite en inter-rang, cette surface pourra varier • Dispositif en blocs 	
Notations	<p><u>Tenue du mulch</u> : Mesure de l'épaisseur du mulch déposé (3 mesures par cadre). A T0 et suivi tous les 2 mois pendant 6 mois.</p> <p><u>Evolution de la repousse des adventices sous le mulch</u> : suivi des adventices se développant sous le mulch (qualitatif, photo) . Suivi tous les 2 mois pendant 6 mois.</p> <p><u>Impact sur le sol</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilité en eau : une sonde watermark par couvert à 30 cm de profondeur, relevé toutes les semaines - Analyse biologique du sol : lors du dépôt du mulch et à la fin de l'essai (à déterminer ultérieurement), uniquement au pied de 1 arbre mulché par modalité (soit 21 analyses) pour voir l'impact du couvert sur le sol. <p><u>Analyse de l'azote foliaire en laboratoire</u> : Prélèvement de feuilles de citronniers sur les 2 arbres ayant reçu le mulch (après la dégradation du mulch à fauche + 2 mois et fauche + 4 mois), à comparer aux témoins (feuilles des arbres n'ayant pas reçu de mulch). Sur 2 modalités (Crotalaria et Stylosanthes) et le témoin, sur 3 répétitions.</p>	
Besoins en matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Gyrobroyeur ou matériel de fauche déposant le mulch sur le rang - Piquets - Mètre - Sondes Watermarks et boîtier de lecture - Sachets de prélèvement 	
Contacts	Anaïs LAMANTIA / Damien LAPLACE Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt Service de l'Alimentation, unité Offre et Qualité Alimentaire Parc Rebard - BP 5002 97 305 Cayenne	Julie LAUNAY - PFFLG 18, rue du ravin Village Javouhey 97 318 Mana
Auteurs du protocole	Philippe JACOLOT Anaïs LAMANTIA Damien LAPLACE Julie LAUNAY	
Calendrier	Première fauche de 2 couverts le 19/05 et début du suivi toutes les semaines. Suite des fauches selon le développement des couverts.	
Partage des tâches	Suivi partagé Julie LAUNAY puis Damien BASCOU (PFFLG) et Anaïs LAMANTIA (DAAF/SALIM) à raison de 1 passage toutes les semaines suite à une fauche.	
Commentaires	Cette parcelle servira en parallèle à un autre essai sur l'évaluation de la mise en place et de la production de biomasse de différentes plantes de couverture en inter-rang des citronniers.	

ANNEXE 3 : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL

Echantillon A : zone haut de parcelle, proche du chemin



Vos résultats d'analyses
TERRE

DEMANDEUR / PRESCRIPTEUR

SOLICAZ / LCA N° 2015-20
16 BIS RUE DU 14 JUILLET
97300 CAYENNE

DESTINATAIRE

CELESTA-LAB

ZA Mas des Cavaliers 154 rue Georges
Gynemer

34130 MAUGUIO

PARCELLE

Référence	1511-005
Surface	
X/Long	Y/Lat

Coordonnées GPS

CARACTÉRISTIQUES DU SOL

Type de sol	-	Potential racinaire	
Densité apparente (T/m ³)	1,70	Sol humide	NON
Masse de sol (T/ha)	5 000	Sol drainé humide	NON
Profondeur de prélèvement (cm)	30	Travail du sol difficile	NON
Couleur	Marron		



N° RAPPORT

SAGL15000895

Date de réception	11/03/2015
Début d'analyse	11/03/2015
Début d'interprétation	01/04/2015
Date d'édition	02/04/2015

ÉTAT PHYSIQUE

Granulométrie (pour mille)

Argiles (< 2 µm) :	64
Limons fins (2 à 20 µm) :	90
Limons grossiers (20 à 50 µm) :	95
Sables fins (50 à 200 µm) :	94
Sables grossiers (200 à 2000 µm) :	658

ÉTAT HUMIQUE

Matières organiques (g/kg)*	17,2	23 / 28	Faible
-----------------------------	------	---------	--------

* MO=carb.org × 1,72

Souhaitable

Azote total⁹(g/kg) : 0,63

Rapport C/N	15,9	7,5 / 12	Elevé
-------------	------	----------	-------

Décomposition de la MO: Rapide Lente Souhaitable

Estimation du coefficient k2 :

Stock en matières organiques (MO) :

Stock minimal souhaitable en MO :

Estimation des pertes annuelles en MO :

Estimation de l'azote minéralisable :

Potentiel Biologique : 101 / Correct



N° RAPPORT

SAGL15000895

RÉFÉRENCE

1511-005

STATUT ACIDO-BASIQUE

pH eau [°]	4,8	
pH KCl [°]	4,3	
Calcaire total (g/kg)	0	
Calcaire Actif (g/kg)		
CaO [°] (g/kg)	< 0,10	
CEC [°] Metson (cmol+/kg)	3,1	

Taux d'occupation de la CEC (%)

- K/CEC : 4,8
- Mg/CEC : 4,5
- Na/CEC : < 1
- Ca/CEC : < 1
- H/CEC : 80,0



Taux de saturation S/CEC (%) * :

Actuel : 20
Optimal : > 78

* S = Somme des cations échangeables

MILIEUX NUTRITIF ET ENVIRONNEMENTAL

Eléments majeurs assimilables ou échangeables

Eléments	Seuils d'impasse		Situation vis à vis de la culture
	L1	L2	
P ₂ O ₅ (g/kg) - Methode Olsen	0,012	0,040	Pouvoir fixateur du sol : Stratégie de fertilisation : Fertilisation nécessaire
K ₂ O [°] (g/kg)	0,070	0,086	Pouvoir fixateur du sol : Stratégie de fertilisation : Fertilisation nécessaire
MgO [°] (g/kg)	0,028	0,061	Stratégie de fertilisation : Fertilisation nécessaire

Oligo-éléments (mg/kg)

	Risque de carence		Risque de toxicité
Cuivre EDTA [°]	< 0,5	1,3	60
Zinc EDTA [°]	1	1,2	10
Manganèse EDTA [°]	1	15,0	70
Fer EDTA [°]		40	100
Bore soluble	0,2	0,3	1,0

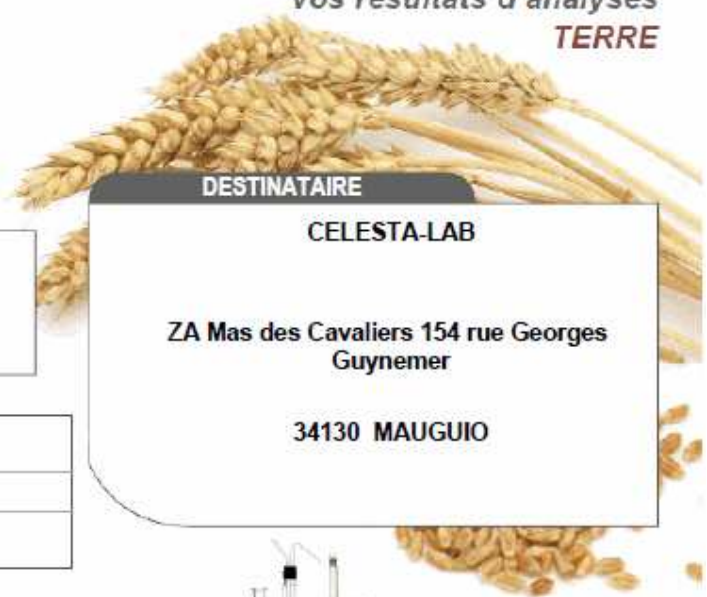
Autres résultats

Sodium (Na ₂ O g/kg)	< 0,01		Souhaitable < 0,100
---------------------------------	--------	--	---------------------

Echantillon B : zone bas de parcelle



Vos résultats d'analyses
TERRE



DEMANDEUR / PRESCRIPTEUR
SOLICAZ / LCA N° 2015-20
16 BIS RUE DU 14 JUILLET
97300 CAYENNE

DESTINATAIRE
CELESTA-LAB
ZA Mas des Cavaliers 154 rue Georges Guynemer
34130 MAUGUIO

PARCELLE

Référence	1511-002
Surface	
X/Long	Y/Lat

Coordonnées GPS

CARACTÉRISTIQUES DU SOL

Type de sol	Sables		
Densité apparente (T/m ³)	1,70	Potentiel racinaire	
Masse de sol (T/ha)	5 000	Sol humide	NON
Profondeur de prélèvement (cm)	30	Sol drainé humide	NON
Couleur	Marron	Travail du sol difficile	NON



N° RAPPORT	SAGL15000892
Date de réception	11/03/2015
Début d'analyse	11/03/2015
Début d'interprétation	01/04/2015
Date d'édition	02/04/2015

ÉTAT PHYSIQUE

Granulométrie (pour mille)

Argiles (< 2 µm) :	107
Limons fins (2 à 20 µm) :	138
Limons grossiers (20 à 50 µm) :	132
Sables fins (50 à 200 µm) :	121
Sables grossiers (200 à 2000 µm) :	502

ÉTAT HUMIQUE

Matières organiques (g/kg)*	19,6	22 / 26	Faible
-----------------------------	------	---------	--------

* MO=carb.org × 1.72

Souhaitable

Azote total⁹(g/kg) : 0,86

Rapport C/N	13,3	7,5 / 12	Elevé
-------------	------	----------	-------

Décomposition de la MO: Rapide Lente Souhaitable

Estimation du coefficient k2 :

Stock en matières organiques (MO) :

Stock minimal souhaitable en MO :

Estimation des pertes annuelles en MO :

Estimation de l'azote minéralisable :

Potentiel Biologique : 107 / Correct



STATUT ACIDO-BASIQUE

pH eau [°]	5,1	
pH KCl [°]	4,5	
Calcaire total (g/kg)	0	
Calcaire Actif (g/kg)		
CaO [°] (g/kg)	0,16	
CEC [°] Metson (cmol+/kg)	3,5	

Taux d'occupation de la CEC (%)

K/CEC : 4,8
Mg/CEC : 9,5
Na/CEC : < 1
Ca/CEC : 16,3
H/CEC : 70,0



Taux de saturation S/CEC (%) * :

Actuel : 30
Optimal : > 78

* S = Somme des cations échangeables

MILIEUX NUTRITIF ET ENVIRONNEMENTAL

Éléments majeurs assimilables ou échangeables

Eléments	Seuils d'impasse		Situation vis à vis de la culture
	L1	L2	
P ₂ O ₅ (g/kg) - Méthode Olsen	0,010	0,040	Pouvoir fixateur du sol : Stratégie de fertilisation : Fertilisation nécessaire
K ₂ O [°] (g/kg)	0,075	0,079	Pouvoir fixateur du sol : Stratégie de fertilisation : Impasse possible pour une culture non exigeante
MgO [°] (g/kg)	0,061	0,067	Stratégie de fertilisation : Impasse possible pour une culture non exigeante

Oligo-éléments (mg/kg)

	Risque de carence		Risque de toxicité
Cuivre EDTA [°]	< 0,5	1,3	60
Zinc EDTA [°]	< 1	1,2	10
Manganèse EDTA [°]	1	15,0	70
Fer EDTA [°]		40	100
Bore soluble	0,2	0,3	1,5

Autres résultats

Sodium (Na ₂ O g/kg)	< 0,01		Souhaitable < 0,100
---------------------------------	--------	--	---------------------

Tableau : Activités biologiques du sol avec différentes espèces de plantes de couverture. Les mesures (respiration, dénitrification et ratio DEA/SIR) sont réalisées à différent stade d'expérimentation (t0 : lors de la mise en place de la couverture en inter-rang), t1 : après le cycle de la couverture (en inter-rang IR et en rang R, création du mulch et dépôt de celui-ci sous les citronniers en rang, en mois après t0) et t2 : plusieurs mois après dépôt du mulch sur les rangs). Dans chaque case : la première ligne précise le moment où ont été faites les mesures (en mois l'installation de la couverture pour t1, en mois après dépôt du mulch pour t2). La deuxième ligne nous donne les valeurs moyennes des activités biologiques mesurées pour la modalité Témoin sans couverture (T) et la modalité avec plante de couverture (PC). Les signes « > » ou « < » ou « = » indiquent que les valeurs d'une modalité sont supérieures ou inférieures ou égales à l'autre modalité (basé sur des tests statistiques appropriés). Enfin, la troisième ligne renseigne de la différence en pourcentage entre la modalité Plante de couverture et la modalité témoin (en rouge quand les valeurs sont plus grandes pour la modalité Plante de couverture, en bleu quand les valeurs sont plus grandes pour la modalité Témoin), ns : différence non-significative entre les 2 modalités.

	activité respiratoire (µg C-CO ₂ /g sol/h)				activité dénitrifiante (µg N-N ₂ O/g sol/h)				ratio DEA/SIR (part de dénitrifiants)			
	t0	IR t1	R	t2 R	t0	IR t1	R	t2 R	t0	IR t1	R	t2 R
<i>Cajanus cajan</i>	(2,98) PC = T (2,79) ns	abandonné		abandonné	(0,164) PC = T (0,133) ns	abandonné		abandonné	(0,0111) PC = T (0,008) ns	abandonné		abandonné
<i>Calopogonium mucunoides</i>	(2,79) PC = T (2,79) ns	+ 5 mois (2,06) PC = T (2,10) ns	+ 5 mois (3,39) PC > T (1,97) +72%	+ 6 mois (6,46) PC = T (7,15) ns	(0,143) PC = T (0,133) ns	+ 5 mois (0,134) PC = T (0,112) ns	+ 5 mois (0,194) PC > T (0,131) +48%	+ 6 mois (0,212) PC = T (0,282) ns	(0,0107) PC = T (0,008) ns	+ 5 mois (0,0198) PC = T (0,0136) ns	+ 5 mois (0,0182) PC = T (0,0168) ns	+ 6 mois (0,0038) PC = T (0,0069) ns
<i>Canavalia ensiformis</i>	(3,15) PC = T (2,79) ns	+ 7 mois (2,77) PC > T (2,10) +31%	+ 7 mois (3,12) PC > T (1,97) +58%	+ 4 mois (7,92) PC = T (7,15) ns	(0,124) PC = T (0,133) ns	+ 7 mois (0,174) PC = T (0,112) ns	+ 7 mois (0,111) PC = T (0,131) ns	+ 4 mois (0,295) PC = T (0,282) ns	(0,0081) PC = T (0,008) ns	+ 7 mois (0,0193) PC = T (0,0136) ns	+ 7 mois (0,0095) PC = T (0,0168) ns	+ 4 mois (0,0070) PC = T (0,0069) ns
<i>Crotalaria spectabilis</i>	(3,09) PC = T (2,79) ns	+ 7 mois (2,42) PC = T (2,10) ns	+ 7 mois (2,41) PC = T (1,97) ns	+ 4 mois (7,28) PC = T (7,15) ns	(0,135) PC = T (0,133) ns	+ 7 mois (0,112) PC = T (0,112) ns	+ 7 mois (0,088) PC < T (0,131) -32%	+ 4 mois (0,290) PC = T (0,282) ns	(0,0082) PC = T (0,008) ns	+ 7 mois (0,0127) PC = T (0,0136) ns	+ 7 mois (0,0075) PC < T (0,0168) -55%	+ 4 mois (0,0070) PC = T (0,0069) ns
<i>Desmodium ovalifolium</i>	(2,99) PC = T (2,79) ns	abandonné		abandonné	(0,130) PC = T (0,133) ns	abandonné		abandonné	(0,0087) PC = T (0,008) ns	abandonné		abandonné
<i>Pueraria phaseoloides</i>	(2,73) PC = T (2,79) ns	+ 5 mois (3,05) PC > T (2,10) +45%	+ 5 mois (3,51) PC > T (1,97) +78%	+ 6 mois (7,14) PC = T (7,15) ns	(0,154) PC = T (0,133) ns	+ 5 mois (0,165) PC = T (0,112) ns	+ 5 mois (0,168) PC = T (0,131) ns	+ 6 mois (0,226) PC = T (0,282) ns	(0,0111) PC = T (0,008) ns	+ 5 mois (0,0182) PC = T (0,0136) ns	+ 5 mois (0,0204) PC = T (0,0168) ns	+ 6 mois (0,0060) PC = T (0,0069) ns
<i>Stylosanthes campa grande</i>	(3,19) PC = T (2,79) ns	+ 9 mois (4,77) PC > T (3,99) +20%	+ 9 mois (4,92) PC = T (4,53) ns	+ 2 mois (6,62) PC = T (7,15) ns	(0,161) PC = T (0,133) ns	+ 9 mois (0,260) PC = T (0,275) ns	+ 9 mois (0,251) PC = T (0,250) ns	+ 2 mois (0,265) PC = T (0,282) ns	(0,0093) PC = T (0,008) ns	+ 9 mois (0,0134) PC = T (0,0186) ns	+ 9 mois (0,0122) PC = T (0,0132) ns	+ 2 mois (0,0070) PC = T (0,0069) ns
<i>Brachiaria decumbens & Stylosanthes campa grande</i>	(3,03) PC = T (2,79) ns	+ 9 mois (4,08) PC = T (3,99) ns	+ 9 mois (4,48) PC = T (4,53) ns	+ 2 mois (8,11) PC = T (7,15) ns	(0,167) PC = T (0,133) ns	+ 9 mois (0,276) PC = T (0,275) ns	+ 9 mois (0,228) PC = T (0,250) ns	+ 2 mois (0,298) PC = T (0,282) ns	(0,012) PC = T (0,008) ns	+ 9 mois (0,0224) PC = T (0,0186) ns	+ 9 mois (0,0112) PC = T (0,0132) ns	+ 2 mois (0,0060) PC = T (0,0069) ns

ANNEXE 5 : POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES PLANTES DE COUVERTURES

- Fiche technique les plantes de couverture sous verger, Cultivons autrement : exemples locaux de techniques agro-écologiques, Bio Savane, 2015 :
http://www.ecofog.gf/giec/doc_num.php?explnum_id=1740
- Intégration de *Canavalia ensiformis* en inter-rang de papayer pour réduire l'enherbement, PFFLG/DAAF, 2014 : http://www.ecofog.gf/giec/doc_num.php?explnum_id=819
- Site de la FAO avec les descriptions détaillées et une galerie de photos de plus de 600 espèces de plantes de couverture :
<http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/Default.htm>
- Site de la FAO sur l'importance des plantes de couverture dans l'agriculture de conservation, les espèces utilisées et leur gestion :
<http://www.fao.org/ag/ca/fr/2a.html>
- Fiche sur les plantes de couverture, ASSOFWI Guadeloupe :
http://assofwi.com/Files/37_fiche_plantes_couverture.pdf
- Prospection de plantes de couverture en vergers - Fiches de synthèse bibliographique d'essences végétales potentielles, CIRAD Guadeloupe, 2007 :
http://agents.cirad.fr/pjjimg/fabrice.le_bellec@cirad.fr/Plantes_de_couverture_en_verger.pdf
- Pour réduire l'utilisation des herbicides et protéger le sol ? Intégrez des plantes de couverture à votre verger, CIRAD/DERAG :
http://www.ecofog.gf/giec/doc_num.php?explnum_id=1066
- Fiche agronomique *Crotalaria spectabilis*, PRAM/CIRAD, 2009 :
http://www.ecofog.gf/giec/doc_num.php?explnum_id=1207
- Fiches Solicaz à retrouver dans le guide de la fertilité organique en Guyane :
https://drive.google.com/file/d/0Bzi_gG0kHwO-dUVOQVE3c0owXzg/view?usp=sharing