Réseau d'Innovation et de transfert agricole dans les DOM

RAPPORT FINAL

AXE 3 : GUYAFER « GESTION DE LA FERTILITE »

AMELIORATION PARTICIPATIVE DE LA FERTILITE DES SOLS GUYANAIS.

VERS UNE AGRICULTURE DURABLE A HAUT DEBIT

Rapport de fin de projet

RITA, axe 3 GUYAFER

juin 2015

Démarrage du projet : juin 2013

Fin du projet : juin 2015

Utilisation du document :

Pour éviter la lourdeur d'un seul dossier relatant l'ensemble du travail réalisé dans ce programme, nous avons choisi de présenter ici qu'une synthèse des résultats pouvant avoir une portée générique. Ce mode de présentation peut permettre à chaque lecteur d'avoir des informations complètes sur les sujets choisis. Ce rapport global synthétise le travail effectué et permet une discussion globale sur les résultats majeurs, les problèmes rencontrés et les actions à poursuivre pour la prochaine programmation RITA2.

Dans ce rapport, dès le sommaire il est possible d'accéder directement au sujet souhaité en cliquant sur le chapitre correspondant. Il est aussi possible d'accéder directement aux fiches techniques tout au long du rapport **en cliquant sur le lien en gris souligné,** puis faire 'retour arrière' pour revenir à la page précédente.

Chaque essai, chaque amendement et chaque technique utilisée font l'objet de fiches individuelles et de fiche de synthèse (disponibles en annexe : fiches techniques et fiches de synthèse). D'autres documents tels que des fiches d'aide sur les « outils de diagnostic de fertilité des sols » ainsi qu'une fiche sur les « tests statistiques utilisés » sont disponibles en annexe.

SOMMAIRE

CONTEXTE 9

OBJECTIFS 11

CHAPITRE 1 : 12

Action 1. GUYAFER-DEFOR 12

I. Synthèse bibliographique 13

II. Essai défriche agricole à faible impact 14

II.1. Protocole de l'essai 14

II.2. Caractérisation de l'essai 14

CHAPITRE 2 : 16

Actions 2-3 GUYAFER-MARBO/ GUYAFER-ABB 16

I. Descriptif 17

II. Partenaires 19

III. Dispositifs expérimentaux 21

IV. Résultats 24

A. Connaissances des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols cultivés en Guyane. 24

B. Liens entre composantes physico-chimiques et biologiques 30

C. Evaluation de l'impact des pratiques d'apport organique 34

CONCLUSIONS 40

Tableaux et figures 43

ANNEXES 44

LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX 45

OUTILS D'EVALUATION DE LA FERTILITE DES SOLS 50

Fertilité physique: 51

I. L'environnement 51

II. La structure du sol : 51

Fertilité chimique 52

I. Le pH 52

II. La matière organique 52

III. Les éléments minéraux 54

IV. La capacité d'échange cationique (CEC) : 54

Fertilité biologique : 55

I. Qu'est-ce qu'un bio-indicateur ? 55

II. Les bio-indicateurs caractéristiques de la fertilité des sols. 56

III. Bio-indicateurs ciblés : 56

A. La respiration potentielle (SIR): 56

B. La nitrification potentielle : 57

C. La dénitrification potentielle (DEA): 57

D. Le ratio dénitrification / respiration (DEA/SIR – dénitrification corrigée) : 57

IV. Indice de fonctionnement du sol (fertilité biologique) 58

V. Indice de fertilité global 58

VI. Détails sur les mesures 58

VII. Approche par comparaison 59

ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES 60

Tests de comparaisons 60

Analyses factorielles 61

VULGARISATION ET TRANSFERT DES CONNAISSANCES 62

Participation à des journées techniques 62

Fiches techniques et fiches de synthèse. 65

Fiches techniques et fiches de synthèse des impacts du défrichement 66

Fiche de synthèse des impacts du défrichement sur le sol et la culture 67

Fiche technique « défriche à impact réduit » : diagnostic sur la fertilité des sols 71

Fiche technique « défriche à impact réduit » : préconisations 75

Fiche de synthèse des types de sols mis en valeur en Guyane 81

Fiche de synthèse : analyses physico-chimiques des sols prélevés dans le cadre du projet GUYAFER 82

BOIS RAMEAL FRAGMENTE (BRF) 99

BRF- Fiche technique 100

BRF – fiches individuelles des essais 104

BRF – Matiti – culture de calous et de patates douces 105

BRF – Javouhey – culture de piments et aubergines puis de choux 109

BRF – Javouhey – culture de dachines 113

BRF – Sinnamary – culture de giromons 117

BRF – Corossony – culture d'ananas 120

BRF – Wayabo – culture d'ananas 124

BRF – fiche synthètique des résultats 128

CHARBON DE BOIS ET *TERRA PRETA* 136

Charbon – fiche technique 137

Charbon – fiches individuelles des essais 141

Charbon – Matiti – culture de chou pommé 142

Charbon – Montsinéry – culture de concombres 145

Terra preta – Cacao – culture d'aubergines 148

Charbon – fiche synthétique des résultats 152

COMPOST 156

Compost – fiche technique 157

Compost – fiches individuelles des essais 160

Compost- Cacao – culture de concombres et cornichons 161

Compost - Cacao – culture d'aubergines 165

Compost – fiche synthétique des résultats 169

PLANTES DE SERVICES 173

Plantes de services – fiche technique 174

Plantes de services – fiches individuelles des essais 179

Crotalaria spectabilis – Matiti – culture d'aubergines amères 180

Crotalaria spectabilis – Montsinéry – culture de concombres 184

Canavalia ensiformis – Javouhey – culture de papayers 187

Multi-espèces – Javouhey – culture de citronniers 191

Plantes de couverture – fiche synthétique des résultats 196

Jachère active – Bassin Mine d'Or, Mana, site 1 202

Jachère active – Bassin Mine d'Or, Mana, site 2 206

Jachère active – CD9, Mana 209

Jachère active – fiche synthétique des résultats 213

Fiches descriptives des espèces de plantes de services utilisées 219

Arachis pintoi 220

Cajanus cajan 223

Calopogonium mucunoides 226

Canavalia ensiformis 229

Clitoria fairchildiana 232

Crotalaria spectabilis 234

Desmodium ovalifolium 237

Inga edulis 240

Inga ingoides 243

Pueraria phaseoloides 246

Stylosanthes campo grande 249

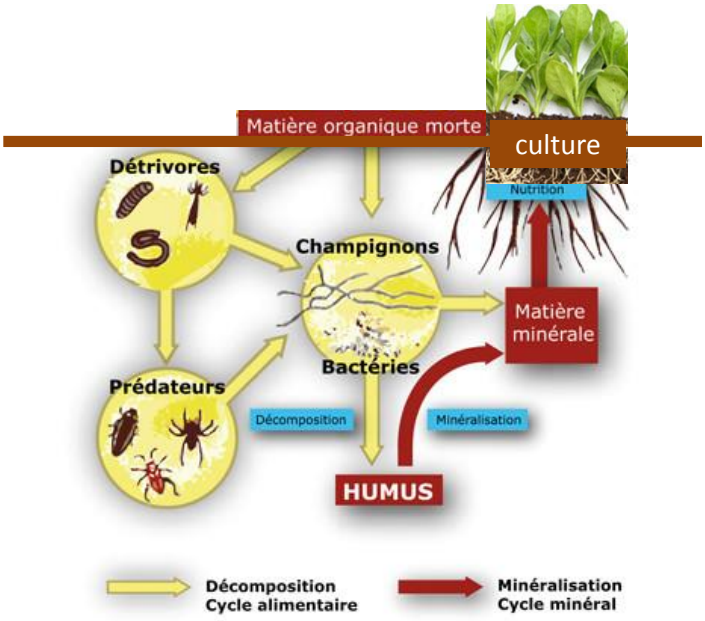
Etude de traitements autre que organiques sur la fertilité des sols 252

BIBLIOGRAPHIE 258

Les sols sont VIVANTS

Le sol est généralement perçu comme un simple support pour les cultures. De part cette vision, l'ensemble des besoins nécessaires au développement des cultures est apporté par les engrais chimiques. Ces apports, coûteux, sont souvent mal dosés et ne sont pas tous assimilés par les cultures, et cela peut provoquer des problèmes environnementaux (pollution des sols, des nappes phréatiques,…).

Cependant, de par ses activités biologiques, le sol peut produire des éléments fertilisants pouvant couvrir, au moins en partie, les besoins des cultures. Les sols sont des écosystèmes complexes qui abritent un très grand nombre d'organismes vivants (il peut y avoir un milliard de micro-organismes par gramme de sol !). Ces organismes peuvent être des animaux visibles (par exemple les vers de terre) mais il existe aussi de **nombreux micro-organismes invisibles** à l'œil nu (champignons, bactéries) qui par leur activités **sont indispensable pour nourrir les cultures**.



La décomposition de la matière organique (MO) puis la minéralisation de l'azote et d'autres éléments par différents groupes d'organismes permettent d'alimenter les cultures.

Il est ainsi possible d'alimenter les cultures en stimulant la vie sous-terraine par apport de matière organique.

CONTEXTE

Les sols de la Guyane représentent un domaine continental ancien appuyé sur des granites au sens large, où la richesse en quartz des roches mères donne généralement des sols sablo-argileux ou sableux, avec une fraction argileuse minoritaire constituée généralement de kaolinite et d'oxy-hydroxydes métalliques. Ces sols sont en équilibre avec le climat équatorial humide et, de ce fait, ils présentent de lourds handicaps issus de leur genèse : acidité, faiblesse des stocks organiques et extrême pauvreté minérale, qui ont été aggravées dans les collines par une troncature érosive suite à un soulèvement tectonique. Ces caractéristiques défavorables, compensées partiellement en forêt naturelle par des prélèvements profonds et par des espèces fixatrices d'azote, et dans les abattis par des jachères longues, sont autant de contraintes pour leur mise en valeur agricole permanente. En effet, sous forêt naturelle la plupart des nutriments présents dans le système sol-plante sont stockés dans la biomasse végétale, et ils sont restitués au sol et rendus disponibles aux cultures, installées après le déboisement, par le brûlis et la décomposition des racines. Pourtant, la faible capacité de rétention des sols (c.-à-d. pauvreté en argiles) induit un forte lessivage des nutriments sous climat humide ce qui provoque leur perte progressive et définitive du système. Ainsi, la fragilité actuelle de la fertilité des sols de la Guyane a une double origine, l'une naturelle (évolution sous climat tropical humide) et l'autre anthropique (mise en culture).

L'expérience accumulée dans d'autres pays tropicaux, par exemple en Afrique sub-saharienne, dans le sud-est asiatique et en Amérique latine, montre que la durabilité de l'agriculture dans ces conditions dépend fortement de la récupération de certaines fonctions écosystémiques présentes dans le système sol-plante-climat original (p.ex. distribution de l'eau, biodiversité élevée, apport de litière, rétention et restitution des nutriments en profondeur, complémentarité entre les espèces, protection contre l'érosion, etc.). Parmi ces fonctions, celles dont la pertinence et l'adoptabilité peuvent être mieux assurées pour les conditions socio-économiques de la Guyane sont liées principalement aux entrées et à la conservation des nutriments et, d'une façon générale, aux restitutions organiques. Dans ce sens, les pratiques sur lesquelles nous avons ciblé ce projet sont :

- introduction des légumineuses (herbacées et ligneuses), afin de récupérer l'entrée naturelle d'azote dans le système (fixation symbiotique) et sa mise à disposition pour les plantes cultivées (transfert, engrais vert, recyclage après élagage ou mulch) ;

- amendements organiques (composts, *terra-preta*, biochar, bois raméal fragmenté - BRF), afin, d'une part d'assurer la fourniture des nutriments avec une source de décomposition progressive et donc moins lessivable et, d'autre part d'améliorer les propriétés physico-chimiques des sols (p.ex. rétention des nutriments par l'augmentation de la teneur en matière organique, la capacité d'échange et la surface échangeable, régulation du pH). Ces pratiques sont à développer au sein des systèmes actuels de culture (p.ex. maraichage, vergers, abattis, etc.) et/ou dans des systèmes à promouvoir graduellement (p.ex. agroforesterie). Ces derniers sont destinés à moyen terme à «mimer» le système initial et pouvoir ainsi récupérer une plus grande quantité de fonctions.

Au-delà et en amont des pratiques à mettre en œuvre après installation des agriculteurs, nous avons vérifié l'existence d'une forte demande de la profession agricole concernant l'impact de la procédure de déforestation sur la fertilité des sols. Cet aspect a été traité dans ce projet en visant dans un premier temps la réalisation d'un inventaire des connaissances acquises en milieu tropical, notamment dans les pays voisins ayant des caractéristiques pédoclimatiques similaires (p.ex. Brésil).

OBJECTIFS

L'objectif principal de cet axe est de promouvoir et d'accompagner le passage vers une agriculture de type organique afin d'assurer la durabilité de la ressource sol et des systèmes de production. Cet objectif général se décline en trois objectifs spécifiques :

- Réaliser un diagnostic des potentialités et des contraintes des principaux sols agricoles de la Guyane, en particulier de leurs propriétés chimiques, physiques et biologiques ;
- Améliorer la fertilité des sols via des pratiques adaptées aux conditions pédoclimatiques, socio-économiques et agronomiques de chaque région et/ou de chaque filière ;
- Intégrer ces pratiques dans le contexte de l'amélioration et la conception de systèmes de culture à moindres intrants chimiques.

L'axe GUYAFER se divise en trois actions :

- Action 1. GUYAFER-DEFOR : Impact de la déforestation sur la fertilité des sols
- Action 2. GUYAFER-MARBO : Apport de matière organique dans les systèmes maraîchers et fruitiers
- Action 3. GUYAFER-ABB : Amélioration de la fertilité dans le système abattis-brûlis.

Pour éviter la lourdeur d'un seul dossier relatant l'ensemble du travail réalisé dans ce programme, nous avons choisi de présenter ici qu'une synthèse des résultats pouvant avoir une portée générique. Ce mode de présentation peut permettre à chaque lecteur d'avoir des informations complètes sur les sujets choisis. Ce rapport global synthétise le travail effectué et permet une discussion globale sur les résultats majeurs, les problèmes rencontrés et les actions à poursuivre pour la prochaine programmation RITA2.

Parallèlement, chaque essai, chaque amendement et chaque technique utilisée font l'objet de fiches individuelles et de fiche de synthèse (disponibles en annexe : fiches techniques et fiches de synthèse). D'autres documents tels que des fiches d'aide sur les « outils de diagnostic de fertilité des sols » ainsi qu'une fiche sur les « tests statistiques utilisés » sont disponibles en annexe.

Dans ce rapport, dès qu'une fiche est mentionnée, il est possible d'y accéder directement **en cliquant sur le lien en gris souligné.** (puis faire 'retour arrière' pour revenir à la page précédente).

CHAPITRE 1 :

Action 1. GUYAFER-DEFOR

Cette action avait pour but de faire le point des connaissances actuelles sur l'impact de la procédure de déforestation sur la fertilité des sols. Cette action visait la réalisation d'un inventaire des connaissances acquises en milieu tropical. Elle débouche sur la proposition d'itinéraires techniques minimisant les impacts du défrichement sur la qualité des sols.

I. Synthèse bibliographique

A partir de cette étude, des fiches de synthèse ont été réalisées. Elles contiennent toutes les informations disponibles permettant de réaliser un défrichement à faible impact avec prise en compte des différents types de sol rencontrés. Elles constituent donc des itinéraires techniques pour tous les acteurs de la filière (institutionnels, professionnels et industriels).

Elles forment une série de trois fiches :

- Fiche de synthèse des types de sols mis en valeur en Guyane (ici),
- Fiche de synthèse des impacts du défrichement sur le sol et la culture (ici),
- Fiche technique sur la défriche à « impact réduit » incluant un volet sur le diagnostic de la fertilité des sols (ici) et un volet sur les préconisations (ici).

Ces fiches ont été réalisées à partir des données bibliographiques, des rapports de travaux réalisés en Guyane (CETIOM, ONF) associées à des enquêtes de terrain. Ces fiches sont disponibles en annexe de ce dossier et sur la base de données GUY@GRI (http://www.ecofog.gf/giec/).

Profitant d'une opportunité de défrichement chez un éleveur, nous avons mis en place une expérimentation de défrichement à faible impact. Cette étude, non prévue dans le cadre de cette programmation RITA, nous a toutefois semblé importante pour valider notre étude bibliographique et permettre d'initier, les travaux que nous souhaitons engagés avec l'Ademe dans le cadre du RITA 2. Ces futurs travaux ont pour but d'évaluer le coût, les machines nécessaires, les impacts sur les caractéristiques physico-chimiques des sols à court terme (6 mois) des différents modes de défriche préconisés ainsi que l'optimisation de la valorisation de la biomasse.

II. Essai défriche agricole à faible impact

Cette étude expérimentale a pour objectif d'évaluer l'impact d'une défriche raisonnée sur la fertilité des sols.

L'essai s'est effectué sur une parcelle de 5 ha dans le secteur de Wayabo. La défriche a commencé en 2014 et a pris fin en mai 2015. Le contexte climatique a engendré des retards (retour saison des pluies) rendant le terrain impraticable avec des machines forestières.

II.1. Protocole de l'essai

Le suivi de l'impact sur le sol se fait par mesures physico-chimiques et biologiques :

- Avant la défriche : référence initiale de la fertilité du sol sur le site
- Post-défriche : impact de la défriche sur la fertilité du sol.

II.2. Caractérisation de l'essai

- Itinéraire de défriche :
    1. Abattage du sous-bois avec broyage des rémanents,
    2. Abattage des arbres par à la pelle mécanique (les troncs sont poussés pour les déraciner),
    3. Rebouchage immédiat à la pelle des trous créés par le déracinement,
    4. Débardage des arbres abattus au skidder,
    5. Andainage à la pelle au bord de la parcelle sur une plate-forme de stockage,
    6. Homogénéisation finale du broyage sur le sol.
- Modalités testées : 2. Une défriche raisonnée sur une zone de 5 ha et une zone témoin en forêt (juxtaposée à la zone de défriche).
- Nombre de suivi pour la fertilité des sols : 2 . Une série de mesures pré-défriche (t0) et une série post-défriche (t1, 1 mois après homogénéisation)
- Nombre de prélèvements de sol par modalité : 36 échantillons par hectare à t0 et t1.
- Nombre d'analyses biologiques par échantillon : 2 (respiration et dénitrification)

Les prélèvements de sols à t0 et les analyses biologiques correspondantes ont été effectués (N=360). La défriche a pris du retard par rapport à ce qui était initialement prévu. Toutefois, Une seconde série de mesures a bien été réalisée un peu plus d'un mois après homogénéisation des broyats de défriches. Les analyses des résultats sont actuellement en cours.

Photo 1 : zone de défriche avant homogénéisation du broyage

CHAPITRE 2 :

Actions 2-3 GUYAFER-MARBO/ GUYAFER-ABB

I. Descriptif

Cette action vise par divers tests chez les producteurs à montrer l'intérêt de pratiquer des apports de matière organique pour diminuer les intrants de synthèse tout en obtenant des rendements satisfaisants à un coût supportable pour l'agriculteur par le maintien des qualités biologiques du sol.

Pour pallier à la pauvreté de leurs sols, quelques agriculteurs guyanais pratiquent l'apport organique. D'autres ont manifesté leur désir d'utiliser ces pratiques. Le RITA leur permet de mettre en place quelques essais pour évaluer l'efficacité de ces apports sur leur production avant de les généraliser sur leur exploitation.

Les deux principales techniques sont (i) l'introduction de légumineuses herbacées et ligneuses pour incorporer l'azote atmosphérique dans le sol grâce à la fixation symbiotique et le restituer aux plantes cultivées, et (ii) la réalisation d'amendements organiques tels que le compost, le charbon de bois et le BRF, afin d'assurer d'une part, la fourniture des nutriments via une source de décomposition progressive et moins lessivable et, d'autre part d'améliorer les propriétés physico-chimiques des sols. Ces pratiques sont à développer au sein des systèmes de culture existants (maraîchage, arboriculture, abattis,… etc.) ou dans des systèmes à promouvoir progressivement auprès des agriculteurs (comme l'agroforesterie).

Cet objectif très large se décline dans le cadre du RITA 1 en trois objectifs spécifiques:

- Réaliser un diagnostic du potentiel et des contraintes des principaux sols agricoles guyanais, par la connaissance de leurs propriétés chimiques, physiques et biologiques ;

- Evaluer l'amélioration de la fertilité des sols via des pratiques d'apport organique utilisées couramment ou ponctuellement par les agriculteurs de différentes filières ;

- Mettre en évidence les liens entre efficacité des traitements et la qualité des sols, les conditions socio-économiques ou agronomiques de chaque région et de chaque filière.

L'action a porté sur trois systèmes :

1) Les systèmes de cultures maraîchers–vivriers conventionnels, avec des apports d'engrais minéraux fréquents, mais très peu d'apport de matière organique. Ces systèmes présentent simultanément plusieurs cultures de cycle court, avec des rotations permanentes et des espèces variées (brassicacées, cucurbitacées, solanacées, convolvulacées, etc.). Ils sont pratiqués dans les trois zones agricoles de Guyane: Est guyanais, Ouest guyanais, Centre-littoral (sites représentatifs de la diversité pédo-climatique en Guyane).

2) Les vergers existants conventionnels de Cacao (Est guyanais), Javouhey et Mana (Ouest guyanais), de différentes espèces d'agrumes, ramboutan, papayers.

Différents amendements organiques ont été testés : compost, charbon, *terra preta*, BRF ainsi que des plantes de couvertures fixatrices d'azote.

3) L'abattis traditionnel qui se traduit par une alternance de cycles de plantations et de jachères qui permettent de restaurer la fertilité des sols. En effet, après plusieurs cycles de culture, l'agriculteur observe une baisse du rendement de ses cultures. Il faut plusieurs années de repos avant que les terres retrouvent une bonne fertilité. L'objectif principal de cette action est d'accélérer le temps de jachère avec l'utilisation de légumineuses arborées fixatrices d'azote. Cette technique permettra d'améliorer plus rapidement la fertilité azotée et phosphorée du sol, et d'augmenter à moyen terme la teneur en matière organique stabilisée, ce qui contribuera à modifier les équilibres biologiques du sol et le rendre plus séquestrant.

Les résultats portent sur la fertilité du sol et l'analyse de l'efficacité des systèmes est basée sur différentes mesures des activités microbiologiques du sol. Cette méthode est utilisée pour évaluer l'impact des amendements du sol. En effet, seules les mesures biologiques permettent, à une échelle de quelques mois, d'évaluer les changements qu'induisent les différents apports. Les différentes activités biologiques mesurées sont la respiration (cycle du carbone), la dénitrification, et parfois nitrification (cycle de l'azote).

II. Partenaires

Les expérimentations pour cette action se sont, en partie, jointes à d'autres essais mis en place avec des partenaires chez des agriculteurs:

CIRAD (Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement) : Aux Antilles et en Guyane française, le Cirad dispose de terrains d'expérimentation et d'observation et de plates-formes techniques performantes pour étudier et mettre en valeur la biodiversité et les ressources locales. Le Cirad concentre ses recherches autour d'axes scientifiques prioritaires comme :

- L'agriculture écologiquement intensive : Inventer une agriculture qui valorise durablement les agroécosystèmes.
- L'alimentation durable : Assurer la sécurité alimentaire des sociétés du Sud.
- La santé des plantes : Comprendre, anticiper et gérer les risques liés aux bioagresseurs des plantes.

INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) : Principal acteur de la recherche agronomique dans la Zone Caraïbe depuis 60 ans, l'Inra contribue, par ses recherches sur l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, au développement durable de l'agriculture aux Antilles-Guyane. Le Centre Antilles Guyane s'articule autour de 2 axes structurants :

- Agroécologie intégrée des agrosystèmes tropicaux humides : contribution à l'innovation pour la sécurité alimentaire et la santé publique »
- Ecologie intégrée des écosystèmes forestiers tropicaux humide.

Solicaz: est une jeune entreprise innovante de recherche-développement en sciences naturelles et ingénierie écologique et la Région (incubateur, Guyane-Technopole). Issue du transfert de la recherche, elle est hébergée dans les locaux l'Unité Mixte de Recherche ECOFOG de Kourou. Forte de l'expérience en milieu tropical de sa responsable scientifique, dont les spécialités dans le domaine de la recherche étaient les systèmes symbiotiques fixateurs d'azote et le fonctionnement biologique des sols, l'entreprise propose différents outils pour une meilleure gestion des sols. Cette entreprise a été nominée au concours 2010 « Biodiversité et entreprise » organisée par l'ADEME et le MEDDM, sélectionnée en 2012 dans le cadre du programme « stratégie nationale pour la biodiversité » et a eu le 1er prix « Audi innovation » en 2012.

PFFLG (Association des Producteurs de Fleurs, Fruits et Légumes de Guyane) : Cette association de producteurs, localisé dans l'Ouest Guyanais – village de Javouhey – apporte un appui technique, administratif et commercial à l'ensemble de ses membres.

Bio-savane : Cette coopérative a pour objectif d'organiser la production, la collecte et la vente des produits de ses membres. Elle permet également l'approvisionnement de ses associés en matériels, équipements, aliments et animaux nécessaires à leurs exploitations. De plus la coopérative exerce des missions d'appui-conseil.

CFPPA (Centre de Formation Professionnel et de Promotion Agricole) : Il accompagne les agriculteurs dans la professionnalisation de leurs pratiques. L'un de ses objectifs est de favoriser l'acquisition par les producteurs de nouveaux outils de pilotage de leurs exploitations.

Chambre d'Agriculture : La chambre d'agriculture, établissement public agricole, a un rôle structurant dans les territoires ruraux, dans un département où l'organisation des agriculteurs et des filières est limitée.

Lycée Agricole de Matiti (EPFELPA) : L'établissement assure une formation par l'apprentissage, de la formation initiale ou continue dans différents domaines dont la production agricole. Avec l'exploitation agricole dont le lycée dispose, celui-ci a la possibilité d'héberger plusieurs sites expérimentaux.

DAAF-SALIM : le service de l'alimentation de la DAAF (Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt) a pour rôle d'assurer la sécurité alimentaire et de promouvoir une économie agricole respectueuse de l'environnement ainsi que de développer l'enseignement agricole.

GDA Mana : Le Groupement de Développement Agricole de Mana est un groupement de producteurs fondé en 1993.Sa mission est de contribuer au développement de l'agriculture et de promouvoir les produits agricoles du nord-ouest guyanais.

MFR: La Maison Familiale Rurale de Mana est un établissement de formation privé associatif qui a pour objectif de concourir à l'éducation, à la formation des jeunes et des adultes, à leur insertion sociale et professionnelle et de favoriser un développement durable du territoire.

Ces différents partenariats permettent la caractérisation des inventaires des pratiques actuelles et le suivi de la gestion des cultures.

Tableau 1 : public cible du projet

	APFFLG	Bio-savane	CFPPA-Est	CFPPA-Matiti	CFPPA-Ouest	Chambre d'Agriculture	CIRAD-Guyane	GDA	Lycée agricole	MFR-Ouest	Solicaz	TOTAL
Techniciens et formateurs	1	1	2	2	2	6	2	1	5	2	2	26
Agriculteurs	30	15	20	15	30	env.200	0	41	0	0	0	151
Elèves en formation	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	0	60
TOTAL	31	16	22	17	32	env.200	2	42	35	32	2	env.400

III. Dispositifs expérimentaux

Une fiche « dispositifs expérimentaux » fournie en annexe décrit les modalités de mise en place des expérimentations (ici).

15 essais ont été mis en place pour l'action 2 (GUYAFER-MARBO) et 3 dans l'action 3 (GUYAFER-ABB). Sur chaque essai, au moins une modalité (un amendement organique) a été testée et comparée à des zones témoins. Seul l'ajout de l'amendement organique différencie l'itinéraire technique des zones testées par rapport aux zones témoins (hormis l'amendement, zones testées et zones témoins sont traitées de la même façon pour éviter les biais d'interprétation sur l'influence de la modalité étudiée). Une fiche descriptive par essai a été réalisée et est disponible en annexe.

Les différentes informations sur les essais sont synthétisées dans le *Tableau 3*.

Tableau 2 : informations sur les expérimentations de l'action GUYAFER-MARBO (cliquer sur le lieu pour accéder aux fiches descriptives individuelles des essais)

Lieu	Région	Partenaire	Type apport matière organique	Système cultural	nombre de cycle de culture suivi	Culture(s)
Corossony	Est	CIRAD, DAAF, CFPPA	BRF	maraîchage	1	ananas
Wayabo	Centre	CIRAD, DAAF, CFPPA	BRF	maraîchage	1	ananas
Cacao	Est	CFPPA Cacao	Compost	maraîchage	1	concombre+ cornichon
Montsinéry	Centre	Bio-savane	Charbon de bois	maraîchage	1	aubergine
Montsinéry	Centre	Bio-savane	plante de couverture (*Crotalaria spectabilis*)	maraîchage	1	concombre
Sinnamary	Centre	Bio-savane	BRF	maraîchage	1	giromon
Matiti	Centre	EPELFPA-lycée agricole Matiti	Charbon de bois	maraîchage	1	chou pommé
Matiti	Centre	EPELFPA-lycée agricole Matiti	Charbon de bois (2ème)	maraîchage	1	chou pommé
Matiti	Centre	EPELFPA-lycée agricole Matiti	plante de couverture (*Crotalaria spectabilis*)	maraîchage	1	aubergine amère
Matiti	Centre	EPELFPA-lycée agricole Matiti	BRF	maraîchage	2	gombo (calou) puis patate douce
Javouhey	Ouest	DAAF-PFFLG	BRF	maraîchage	2	piment et aubergine amère puis chou de Chine
Javouhey	Ouest	DAAF-PFFLG	plante de couverture (*Canavalia ensiformis*)	arboriculture	1	papayer
Javouhey	Ouest	DAAF-GDA Mana	BRF	maraîchage	1	taro (dachine)
Javouhey	Ouest	DAAF-PFFLG	plante de couverture (9 espèce)	arboriculture	1	citron
Cacao	Est	CFPPA, DAAF, Chambre d'agriculture	compost - terra preta - engrais chimiques - solarisation	arboriculture	1	aubergine

Tableau 3 : information sur les sites expérimentaux de l'action GUYAFER-ABB

Lieu	**Région**	**Partenaire**	**Système cultural**	**Type apport matière organique**
Mana (Bassin mine d'or, site 1)	Ouest	MFR Mana	Abatti - jachère active	*Inga sp*. + *Clitoria sp.*
Mana (Bassin mine d'or, site 2)	Ouest	MFR Mana	Abatti - jachère active	*Inga sp*. + *Clitoria sp.*
Mana (CD9)	Ouest	MFR Mana	Abatti - jachère active	*Inga sp*. + *Clitoria sp.*

Quatre essais maraichages ont échoués essentiellement, pour des problèmes de maladie :

- Culture de chou pommé sur sol enrichi en charbon à Matiti (maladie)
- Culture d'aubergine sur sol enrichi en charbon à Montsinéry (maladie)
- Essai compost sur culture maraichère de concombre et cornichon à Matoury (maladie)
- Plantes de couverture sur culture maraichère de concombres à Montsinéry (retard dans la mise en culture)

IV. Résultats

A. Connaissances des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols cultivés en Guyane.

Une synthèse des analyses physico-chimiques fait l'objet d'une fiche restituée en annexe (ici). Les principaux résultats sont résumés ci-dessous :

1) Caractéristiques physiques des sols des essais de GUYAFER

Les données granulométriques montrent une grande diversité de sols allant du type de sol argilo-sableux à sableux pur. Deux gradients inverses des taux d'argile et de sable correspondent grossièrement à l'axe géographique Est-Ouest (*Tableau 4*).

Tableau 4 : Caractéristiques physiques des essais de GUYAFER

Localisation	Essai (amendement – culture)	Argiles + limons fins (%)	Limons grossiers (%)	Sables totaux (%)	Sables fins (%)	Sables grossiers (%)	Type de sol
Corossony	BRF- Ananas	58,2	13,9	27,9	14,5	13,4	argilo-sableux
Cacao	Compost- concombre	64,6	20,3	15,1	7,7	7,4	argilo-limoneux
Montsinéry (zone 3+ 2)	Charbon – aubergine	30,8	4,5	64,8	19,9	44,9	sablo-argileux
Montsinéry (zone1)	Charbon – aubergine	34,8	3,8	61,4	19,5	41,9	sablo-argileux
Montsinéry (zone 3+ 2)	*Crotalaria*- concombre	30,8	4,5	64,8	19,9	44,9	sablo-argileux
Montsinéry (zone1)	*Crotalaria*- concombre	34,8	3,8	61,4	19,5	41,9	sablo-argileux
Wayabo	BRF-Ananas	14,7	7,0	75,2	16,4	58,8	sableux
Matiti (essai 1)	Charbon-chou	11,3	8,8	79,9	79,3	0,6	sableux
Matiti (essai 2)	Charbon chou	9	9,6	81,3	77,4	3,9	sableux
Matiti	*Crotalaria* - aubergine	16,1	6,9	77	68,1	8,9	sableux
Matiti	BRF- gombo, patate douce	13,1	8,9	78,1	77,5	0,6	sableux
Javouhey (zone A)	BRF- piment, aubergine, chou	44,3	19,2	34	20,1	13,9	argilo-sableux
Javouhey (zone B)	BRF- piment, aubergine, chou	22,3	17,7	58	34,3	23,7	sablo-argileux
Javouhey (témoin A)	*Canavalia* – papayer	14,1	6,6	77,3	25,6	51,7	sableux
Javouhey (essai A)	*Canavalia* – papayer	16,9	4,8	76,4	24,9	51,5	sableux
Javouhey (témoin B)	*Canavalia* – papayer	23,5	5,1	69,4	22,2	47,2	sableux
Javouhey (essai B)	*Canavalia* – papayer	22,9	7,7	68,6	23,5	45,1	sableux
Javouhey	BRF - dachine	7,3	0,8	91,9	17,8	74,1	sableux
Cacao	Charbon, compost, *terra preta* - aubergine	54,9	16,1	29,1	11	18,1	argilo-sableux
Javouhey	Plantes couvertures - citronnier	19,9	11,4	68,7	10,7	58	sableux
Sinnamary	BRF - giromon	18,4	4,2	77,5	41,6	35,9	Sableux
Mana (zone 1)	Jachère active	1,9	0,2	96,5	5,9	90,6	sableux
Mana (zone 2)	Jachère active	1,2	0,2	97,5	6,2	91,3	sableux
Mana (zone 3)	Jachère active	11,4	17,9	68,8	27,1	41,7	sableux

En général, un sol fertile comporte entre 20 et 50% d'argile, en dessus, trop compact, il peut présenter des problèmes d'engorgement d'eau et d'asphyxie des racines, en dessous, il est trop filtrant. La présence d'argile est déterminante pour espérer une certaine efficacité des amendements organiques car elle permet de mieux retenir la matière organique en formant des complexes argilo-humiques. Dans une structure trop sableuse, la matière organique sera facilement lessivée et tous les amendements risquent d'être inutiles.

2) Caractéristiques chimiques des sols des essais de GUYAFER

Il faut noter que la plupart des essais ont été menés sur des sols qui ont déjà été travaillés. Les itinéraires agricoles passés peuvent avoir un impact sur les données chimiques et biologiques mesurées. Ces analyses ne reflètent donc pas nécessairement les caractéristiques chimiques initiales (naturelles) des sols.

Tableau 5 : Caractéristiques chimiques des sols des essais de GUYAFER

Localisation	Essai (amendement – culture)	N total (g/kg)	Mat org (g/kg)	C/N	pH eau	pH KCl	CEC meq/100 g Metson	CaO (g/kg)	P2O5 (g/kg) Olsen	K2O (g/kg)	MgO (g/kg)
Corossony	BRF- Ananas	2,4	67,4	16,3	5,8	4,5	11,3	0,33	0,075	0,111	0,110
Cacao	Compost-concombre	2,7	107,7	23,2	5,1	4,3	12,3	0,520	<0,005	0,113	0,086
Montsinéry (zone 3+ 2)	Charbon – aubergine	0,7	32	26,6	6,0	5,1	5,6	0,270	0,007	0,043	0,087
Montsinéry (zone1)	Charbon – aubergine	0,67	10,7	9,3	6,4	6	3	0,420	0,006	<0,01	0,018
Montsinéry (zone 3+ 2)	Crotalaria-concombre	0,7	32	26,6	6,0	5,1	5,6	0,270	0,007	0,043	0,087
Montsinéry (zone1)	Crotalaria-concombre	0,67	10,7	9,3	6,4	6	3	0,420	0,006	<0,01	0,018
Wayabo	BRF-Ananas	0,1	30	17,4	5,5	4,2	5,6	0,613	0,027	0,171	0,104
Matiti (essai 1)	Charbon-chou	0,99	16,3	9,6	6,2	5,5	2,7	0,41	0,099	0,112	0,11
Matiti (essai 2)	Charbon chou	0,63	14,4	13,3	6,3	6,1	1,6	0,47	0,088	0,26	0,144
Matiti	Crotalaria - aubergine	2,9	79,3	15,9	7,3	6,3	12,4	2,890	0,199	0,182	0,431
Matiti	BRF- gombo, patate douce	0,62	15,0	14,0	6,0	4,8	1,4	0,190	0,069	0,147	0,103
Javouhey (zone A)	BRF- piment, aubergine, chou	0,1	24	14,0	7,4		7,7	2,229	0,447	0,388	0,59
Javouhey (zone B)	BRF- piment, aubergine, chou	0,07	19	15,8	7,5		5,4	1,465	0,352	0,254	0,395
Javouhey (témoin A)	Canavalia – papayer	0,07	19	15,8	5,9	4,4	4,1	0,500	0,02	0,033	0,048
Javouhey (essai A)	Canavalia – papayer	0,08	17	12,4	5,8	4,3	4,1	0,500	0,018	0,065	0,054
Javouhey (témoin B)	Canavalia – papayer	0,09	19	12,3	5,9	4,5	4,2	0,500	0,04	0,038	0,111
Javouhey (essai B)	Canavalia – papayer	0,08	8	5,8	5,3	4	4,1	0,506	0,018	0,029	0,028
Javouhey	BRF - dachine	0,69	28,2	23,8	5,1	4,4	2,2	0,36	0,013	0,020	0,083
Cacao	Charbon, compost, terra preta - aubergine	3	64,2	12,4	5	4,5	13	0,48	<0,005	0,106	0,127
Javouhey	Plantes couvertures - citronnier	0,74	18,4	14,6	4,95	4,4	3,3	0,1	0,0125	0,074	0,047
Sinnamary	BRF - giromon	0,94	52,6	32,6	6,1	5,2	7,7	0,63	0,016	0,077	0,115
Mana (zone 1)	Jachère active	0,05	12	14	6,3	4,9	3,2	0,49	0,01	0,01	0,038
Mana (zone 2)	Jachère active	0,06	11	10,7	6,2	4,7	3,3	0,501	0,01	0,011	0,039
Mana (zone 3)	Jachère active	0,07	18	15,0	5,5	4,2	4,5	0,501	0,01	0,035	0,089

La majorité des sols sont des sols acides mais présentent une large gamme de variation allant de pH de 7,5 (neutre) à 5 (acide). La différence entre pH eau et pH KCl renseigne sur la quantité d'éléments toxiques dans le milieu (fer, aluminium…) : plus la différence est grande, plus il existe des éléments toxiques dans le sol.

En dehors de celui de Cacao, tous les sols ont un taux de matière organique en dessous de 1%. Une valeur inférieure à celle-ci peut s'avérer problématique, car le sol n'a pas les ressources suffisantes pour assurer une production correcte. A moins de 1% de matière organique, des amendements sont nécessaires.

La qualité même de cette matière organique est extrêmement variable. En effet, on estime qu'un sol avec un C/N < 15 a une vitesse de décomposition rapide avec un maximum pour un rapport C/N égale à 10. Un sol ayant C/N compris entre 15 et 20 a besoin d'azote pour permettre une bonne décomposition de la matière carbonée et un sol avec C/N > 20 n'a pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone (il y a compétition entre l'absorption par les plantes et la réorganisation de la matière organique par les microorganismes du sol, c'est le phénomène de "faim d'azote"). L'azote est alors prélevé dans les réserves du sol. La minéralisation est lente et ne restitue au sol qu'une faible quantité d'azote minéral. Peu de sols ont une valeur C/N supérieure à 20 (5/15). D'une manière générale, les sols possèdent une matière organique native facilement dégradable, quelquefois même trop labile.

Les taux d'azote des sols des parcelles varient entre 2,4 pour mille et 0,05. Ce dernier résultat signifie que certaines parcelles n'ont pratiquement pas d'azote. Or, l'azote est l'élément le plus important du sol qui permet la constitution de la matière végétale. En dessous de 2 pour mille, la concentration en azote n'est pas assez importante pour permettre un rendement de récolte satisfaisant. Un amendement azoté s'avère nécessaire, soit par l'apport d'engrais, soit par apport de matière organique riche en azote (fumier, plantes fixatrices) comme nous cherchons à le préconiser à travers le programme RITA.

3) Caractéristiques biologiques des sols des essais de GUYAFER

La matière organique est formée de divers composés azotés dont la minéralisation est très variable et très difficilement prévisible. La minéralisation étant la transformation de la matière organique qui conduit à la formation de sels minéraux où les éléments fertilisants deviennent solubles et

accessibles aux plantes. On compte que seulement 5 à 10% de la matière organique est minéralisable.

La minéralisation est le fait des microorganismes qui sont dans le sol. Elle est donc dépendante, à la fois de la qualité de cette matière (labile/humique) et de la présence plus ou moins importante des microorganismes dans le sol. La diversité de ces derniers assure les différentes étapes de la décomposition-minéralisation. En effet, chaque espèce microbienne présente une spécificité et ne peut réaliser qu'une ou quelques transformations de la matière organique.

Pour évaluer la capacité de fonctionnement biologique du sol, on utilise :

- La respiration potentielle du sol (SIR : Substrate Induce Respiration): la capacité du sol à minéraliser le carbone organique qui est en même temps un *proxi* de la biomasse microbienne;
- La dénitrification potentielle du sol (DEA : Denitrifying Enzymatic Activity) qui est la capacité du sol à transformer le nitrate du sol en N_2. C'est un processus de régulation du cycle du N qui présente l'avantage d'être porté par une très grande diversité de micro-organismes avec des caractéristiques physiologiques très variées et qui est facilement mesurable. D'un point de vue écologique, la dénitrification a un impact direct sur la disponibilité en azote du sol.
- Le rapport dénitrification/ respiration (SIR/DEA) donne le pourcentage de bactéries dénitrifiantes dans la communauté microbienne totale du sol. Ce ratio est corrigé par un facteur lié à la stœchiométrie des réactions aérobies et anaérobies du glucose. Cette mesure donne une idée sur le niveau de diversité de la microflore présente dans le sol.

Pour plus d'informations, se rapporter à la fiche « Outils d'évaluation de la fertilité des sols » (ici).

Les différentes mesures biologiques sont disponibles dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Respiration potentielle, dénitrification potentielle et pourcentage de dénitrifiants dans les sols des différents essais de GUYAFER

action	Localisation	Culture	Apport de matière organique	âge du sol après apport de l'amendement	Type de sol	SIR (moyenne +/- Erreur type en µg C-CO2/g de sol/h)	DEA (moyenne +/- Erreur type en µg N-N2O/g de sol/h)	DEA/SIR (moyenne +/- Erreur type en %)
2	Corossony	Ananas	BRF	5 mois	argilo-sableux	3,13 +/- 1,07	0,42 +/-0,11	0,069 +/-0,024
2	Cacao	Concombre	Compost	3 jours	argilo-limoneux	3,55 +/- 1,9	1,04 +/- 0,78	0,15 +/- 0,1
2	Montsinéry (zone2+3)	Aubergine	Charbon de bois	0	sablo-argileux	1,66 +/- 0,67	0,2 +/- 0,15	0,038 +/- 0,03
2	Montsinéry (zone1)	Aubergine	Charbon de bois	0	sablo-argileux	0,88 +/- 0,84	0,03 +/- 0,03	0,021 +/- 0,023
2	Montsinéry (zone 2+3)	Concombre	*Crotalaria spectabilis*	0	sablo-argileux	1,46 +/- 0,58	0,13 +/-0,06	0,019 +/- 0,013
2	Montsinéry (zone1)	Concombre	*Crotalaria spectabilis*	0	sablo-argileux	0,7 +/-0,7	0,04 +/- 0,05	0,004 +/- 0,006
2	Wayabo	Ananas	BRF	4 mois	sableux	2,21 +/- 0,91	0,29 +/- 0,13	0,062 +/- 0,032
2	Matiti	Chou pommé	Charbon de bois	0	sableux	3,85 +/- 1,74	0,19 +/- 0,09	0,019 +/- 0,019
2	Matiti	Chou pommé	Charbon de bois	6 jours	sableux	7,09+/-2,31	0,46+/-0,7	0,032+/-0,064
2	Matiti	Aubergine amère	*Crotalaria spectabilis*	6 mois	sableux	13,04 +/- 2,68	1,57 +/- 0,75	0,065 +/- 0,036
2	Matiti	gombo puis patate douce	BRF	6 mois	sableux	3,25 +/- 1,04	0,07 +/- 0,03	0,0031 +/- 0,0025
2	Javouhey (zone A)	Piment et aubergine amère puis chou de Chine	BRF	8 mois	argilo-sableux	4,54 +/- 1,30	0,56 +/- 0,19	0,093 +/- 0,052
2	Javouhey (zone B)	Piment et aubergine amère puis chou de Chine	BRF	8 mois	sablo-argileux	3,57 +/- 1,38	0,29 +/- 0,10	0,052 +/- 0,025
2	Javouhey	papayer	*Canavalia ensiformis*	9 mois	sableux	1,75 +/- 1,09	0,03 +/- 0,02	0,002 +/- 0,003
2	Javouhey	papayer	*Canavalia ensiformis*	9 mois	sableux	2,31 +/- 1,00	0,06 +/- 0,03	0,003 +/- 0,002
2	Javouhey	papayer	*Canavalia ensiformis*	9 mois	sableux	2,90 +/- 2,00	0,11 +/- 0,05	0,007 +/- 0,005
2	Javouhey	papayer	*Canavalia ensiformis*	9 mois	sableux	2,51 +/- 1,58	0,09 +/- 0,03	0,01 +/- 0,01
2	Javouhey	taro	BRF	6 mois	sableux	1,49 +/- 0,59	0,14 +/- 0,06	0,024 +/-0,016
2	Cacao	Aubergine	Charbon de bois-tera preta-compost	0	limono-argilo-sableux	2,81+/-0,99	0,30+/-0,20	0,036+/-0,033
2	Javouhey	Agrumes	Plantes de couverture	1 mois	sableux	2,97+/-0,70	0,14+/-0,05	0,0097+/-0,0056
2	Sinnamary	Giraumon	BRF	1 semaine	Sableux	2,90 +/- 0,73	0,24 +/- 0,054	0,02 +/- 0,013
3	Mana (zone 1)	jachère active	*Inga sp . + Clitoria sp.*	4 mois	sableux	1,53 +/- 0,86	0,008 +/- 0,008	0,0002 +/-0,0005
3	Mana (zone 2)	jachère active	*Inga sp . + Clitoria sp.*	4 mois	sableux	1,28 +/- 0,45	0,007 +/- 0,005	0,0002 +/- 0,0003
3	Mana (zone 3)	jachère active	*Inga sp . + Clitoria sp.*	4 mois	sableux	2,87 +/- 0,6	0,16 +/- 0,07	0,015 +/- 0,012

Les meilleurs sols que l'on trouve en forêt guyanaise ont des valeurs de SIR (activité respiratoire) variant entre 2 et 4 (µg C-CO_2/g sol/h). Quelques-uns exceptionnels peuvent monter jusqu'à 6. En dessous de 2, on estime que les sols sont peu aptes à la culture. Les sols étudiés présentent une respiration potentielle très variable allant de 13 à 0,9. La moitié des essais aurait une microflore

insuffisante pour réaliser une bonne minéralisation de la matière organique. Si, pour la plupart des sols étudiés, biomasse microbienne rime avec diversité, des variations existent : certains sols peuvent présenter des biomasses microbiennes équivalentes (ex : Corossony / Cacao) avec une diversité microbienne très différente. On peut présager que ces deux sols ne réagiront pas de la même façon aux perturbations ou interventions qu'ils subiront, les sols les plus diversifiés étant les plus résistants et les plus aptes à s'adapter.

B. Liens entre composantes physico-chimiques et biologiques

Les analyses factorielles permettent des visualiser les différentes variables étudiées selon des axes choisis représentant le maximum d'informations et voir comment elles s'organisent entre elles. On pourra se rendre compte de celles qui sont corrélées entre elles (positivement ou négativement). Pour cette étude, nous avons choisi une analyse factorielle multiples (AFM) qui permet de travailler avec des groupes de données liées (notamment : texture avec les teneurs en argiles – limons - sables) et avec des groupes de nature quantitative (mesures physico-chimiques) et qualitatives (indice de fertilité biologique, voir la fiche « outils d'évaluation de la fertilité des sols »). Les différentes données sont disponibles dans le Tableau 7.

Tableau 7 : paramètres physico-chimiques et biologiques des différents essais

essais	numéro	Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)	Ntotal (‰)	MatOrg (%)	C/N	pH	CEC	fertilité biologique
Corossony-BRF	1	31.3	40.8	27.9	2.4	6.74	16.3	5.8	11.3	moyen
Cacao-Compost	2	40	44.8	15.1	2.7	10.77	23.2	5.1	12.3	moyen
Montsinéry(zone2+3)-Charbon	3	21.5	13.8	64.8	0.7	3.2	26.6	6	5.6	faible
Montsinéry(zone1)-Charbon	4	25.6	13	61.4	0.67	1.07	9.3	6.4	3	faible
Montsinéry(zone2+3)-Crotalaria	5	21.5	13.8	64.8	0.7	3.2	26.6	6	5.6	faible
Montsinéry(zone1)-Crotalaria	6	25.6	13	61.4	0.67	1.07	9.3	6.4	3	faible
Wayabo-BRF	7	12.4	9.3	75.2	0.1	3	17.4	5.5	5.6	moyen
Matiti-Charbon	8	6	14.1	79.9	0.99	1.63	9.6	6.2	2.7	faible
Matiti-Charbon2	9	4.5	14.1	81.3	0.63	1.44	13.3	6.3	1.6	moyen
Matiti-Crotalaria	10	9.2	13.8	77	2.9	7.93	15.9	7.3	12.4	bon
Matiti-BRF	11	9.2	12.8	78.1	0.62	1.5	14	6	1.4	faible
Javouhey(zoneA)-BRF	12	14.6	48.9	34	0.1	2.4	14	7.4	7.7	moyen
Javouhey(zoneB)-BRF	13	7.1	32.9	58	0.07	1.9	15.8	7.5	5.4	moyen
Javouhey(TA)-Canavalia	14	12.8	7.9	77.3	0.07	1.9	15.8	5.9	4.1	faible
Javouhey(CEA)-Canavalia	15	15.2	6.5	76.4	0.08	1.7	12.4	5.8	4.1	faible
Javouhey(TB)-Canavalia	16	21.6	7	69.4	0.09	1.9	12.3	5.9	4.2	faible
Javouhey(CEB)-Canavalia	17	20.8	9.8	68.6	0.08	0.8	5.8	5.3	4.1	faible
Javouhey-BRF	18	6.1	2	91.9	0.69	2.82	23.8	5.1	2.2	faible
Cacao-TP-Compost	19	29.2	41.8	29.1	3	6.42	12.4	5	13	faible
Javouhey-PC	20	8.55	22.75	68.7	0.745	1.84	14.6	4.95	3.3	faible
Sinnamary-BRF	21	12.9	9.7	77.5	0.94	5.26	32.6	6.1	7.7	faible
Mana(zone1)-JA	22	0.7	1.4	96.5	0.05	1.2	14	6.3	3.2	faible
Mana(zone2)-JA	23	0.5	0.9	97.5	0.06	1.1	10.7	6.2	3.3	faible
Mana(zone3)-JA	24	5.8	23.5	68.8	0.07	1.8	15	5.5	4.5	faible

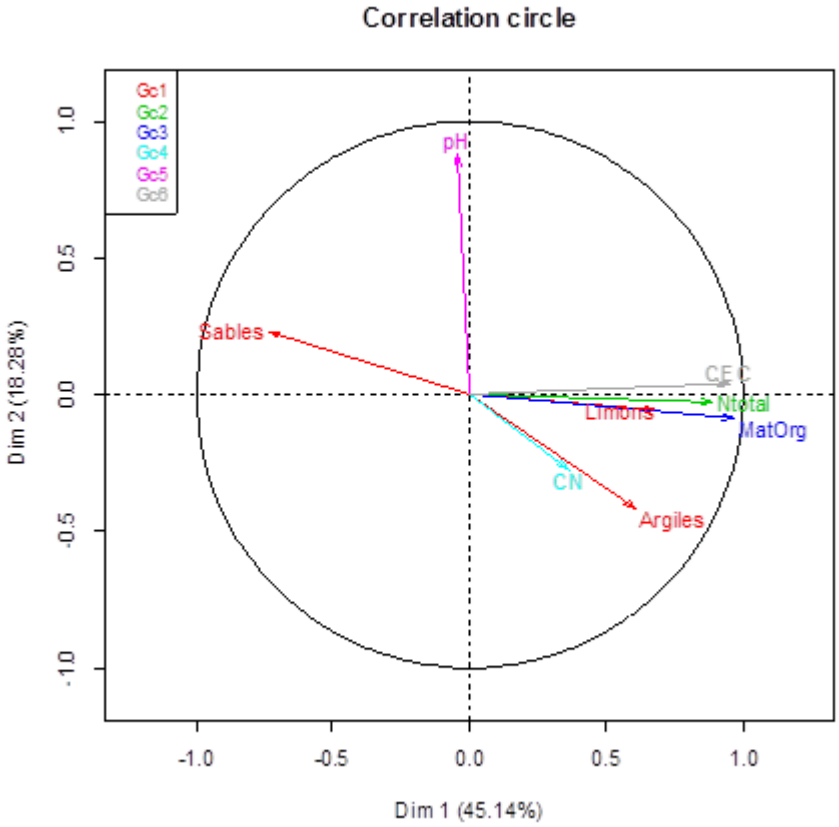


Figure 1 : cercle de corrélation des variables quantitatives (physico-chimiques)

La figure 1 retranscrit bien la dispersion des données : Dimension 1 (45.14%) et Dimension 2 (18.28%), soit plus de 60% d'informations retranscrites sur ces deux axes de projection.

Tableau 8 : corrélation des variables quantitatives et qualitatives aux dimensions choisies.

CORRELATION	Dim.1	Dim.2
texture	0.714654622814416	0.373971856435315
Ntotal	0.885057282778285	0.127622794826889
CEC	0.915059642103874	0.102479312548998
MO(%)	0.956615664328539	0.0874548227691787
C/N	0.435017640818386	0.384925309422777
pH	0.0789059344471637	0.79200741515854
Fertilité bio	0.777537470395888	0.780309467164907

Le groupe de variables « texture » qui comprend le groupe de variables liées argile-limon-sable et les variables « azote total », « teneur en MO » et « CEC » sont très fortement corrélées à la

première dimension (Tableau 8). Elles sont fortement positivement corrélées entre elles (sauf la texture sableuse qui est inversement corrélée aux autres). En effet, la texture sableuse retient moins les éléments minéraux et organiques (phénomène de lessivage).

Le pH est fortement corrélé à la deuxième dimension.

La fertilité biologique est bien corrélée aux deux dimensions présentées.

La variable C/N apporte peu d'information sur ce plan de projection.

Les variables les plus pertinentes sont celles qui apportent le plus d'information selon le plan de représentation choisi. On peut supprimer celles qui n'apportent que peu d'information. Pour faciliter les interprétations nous avons retenu, pour chaque classe de variables (physiques et chimiques) et lorsque celles-ci étaient fortement corrélées entres, celles ayant les plus fortes contributions à la définition des axes de l'ACP (figure 2)

Ainsi nous gardons les variables liées à la texture (argile, limon, sable) de la composante physique, la teneur en matière organique et le pH (composante chimique).

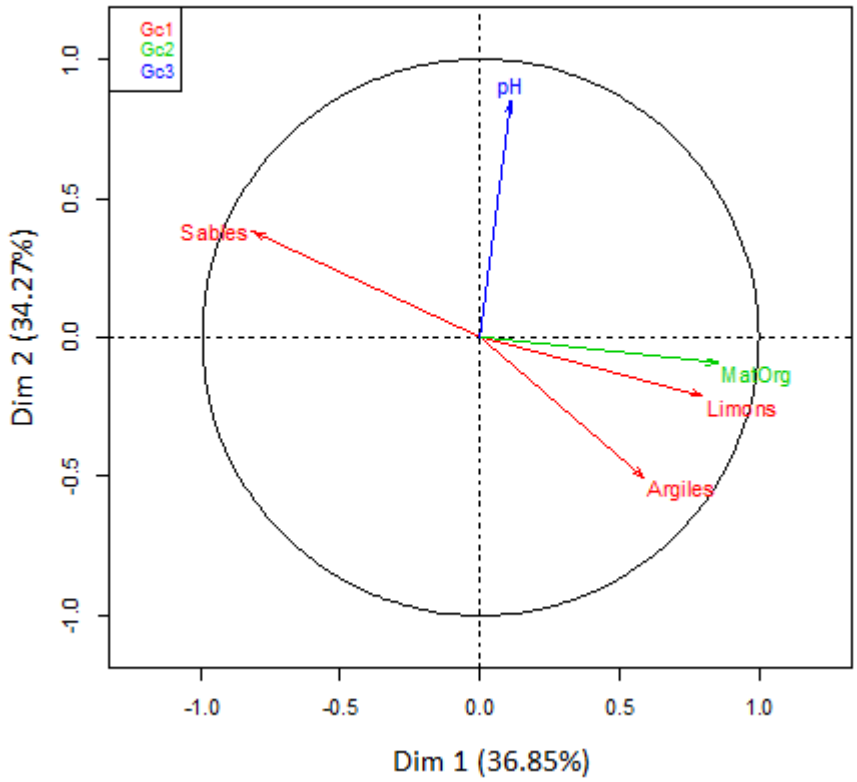


Figure 2 : cercle de corrélation des variables quantitatives retenues

Nous retrouvons une bonne retranscription de l'information avec ces deux axes (>70% d'informations, Figure 2).

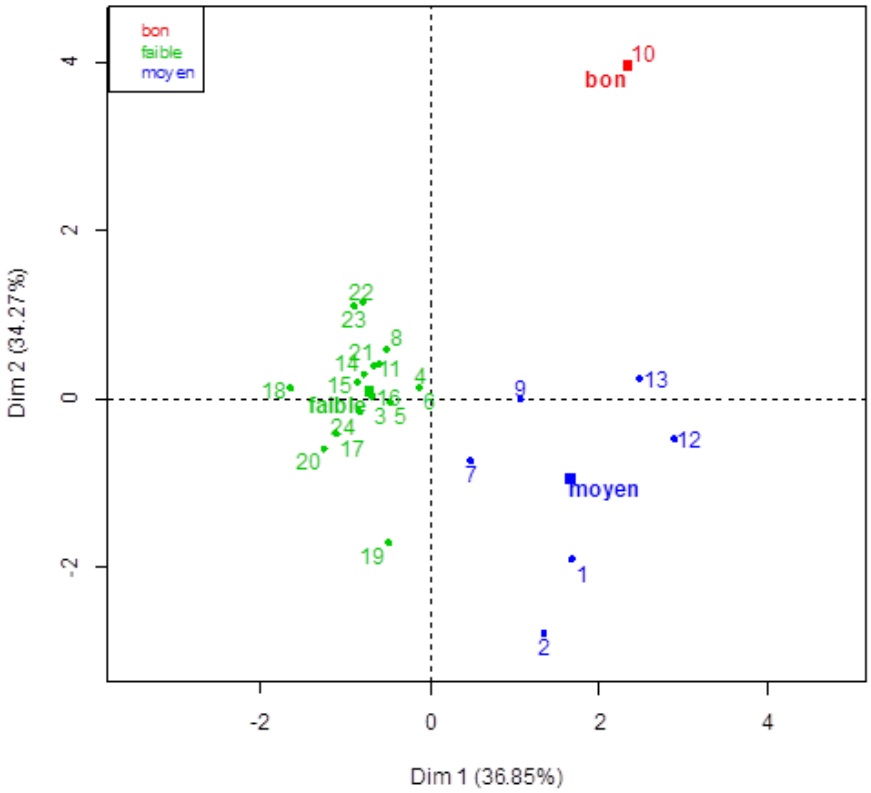


Figure 3 : représentation des essais selon le niveau de fertilité biologique des sols sur les deux dimensions choisies

La représentation de nos essais (et centres d'inertie des essais selon leur indice de fertilité biologique) montrent qu'une activité biologique est d'autant plus faible que la texture est sableuse et que la teneur en matière organique et en azote sont faibles (Figure 3). Donc, plus le sol possède et retient la matière organique et les éléments minéraux, plus la fertilité biologique des sols est importante, et d'autant plus que le pH n'est pas acide.

On observe donc un lien entre les composantes physico-chimiques et l'activité biologique des sols. Les activités biologiques intègrent très bien d'une manière simple, l'ensemble des variables physico-chimiques qui permettent de définir la qualité d'un sol.

C. Evaluation de l'impact des pratiques d'apport organique

Cette évaluation est réalisée à partir des mesures biologiques, qui, très sensibles à tout changement, peuvent seules rendre compte rapidement de l'impact des pratiques réalisées sur la fertilité des sols.

Une fiche synthétique des résultats a été réalisée pour chacun des amendements étudiés. Les avantages et limites sur ces expérimentations sont également discutés. Il en débouche des idées de propositions pour la prochaine programmation RITA 2. Les fiches sont disponibles en annexe. Cliquer sur les différents liens pour y accéder :

- **Synthèse « BRF »**
- **Synthèse « Plantes de couverture fixatrice d'azote »**
- **Synthèse « Compost »**
- **Synthèse « Charbon et *Terra preta*»**
- **Synthèse « Jachère active »**
- **Résultats autres que dans le cadre GUYAFER : « comparaison amendement organique *vs* engrais chimiques » et « solarisation ».**

Une amélioration globale de la fertilité du sol pour tous les amendements testés

Tous les amendements organiques testés ont, à un moment donné, amélioré significativement la qualité biologique globale des sols (estimée par les mesures de respiration, Figure 4). Cette augmentation de biomasse microbienne active du sol va stimuler la minéralisation de la matière organique et permettre d'accroitre la biodisponibilité des nutriments pour les cultures.

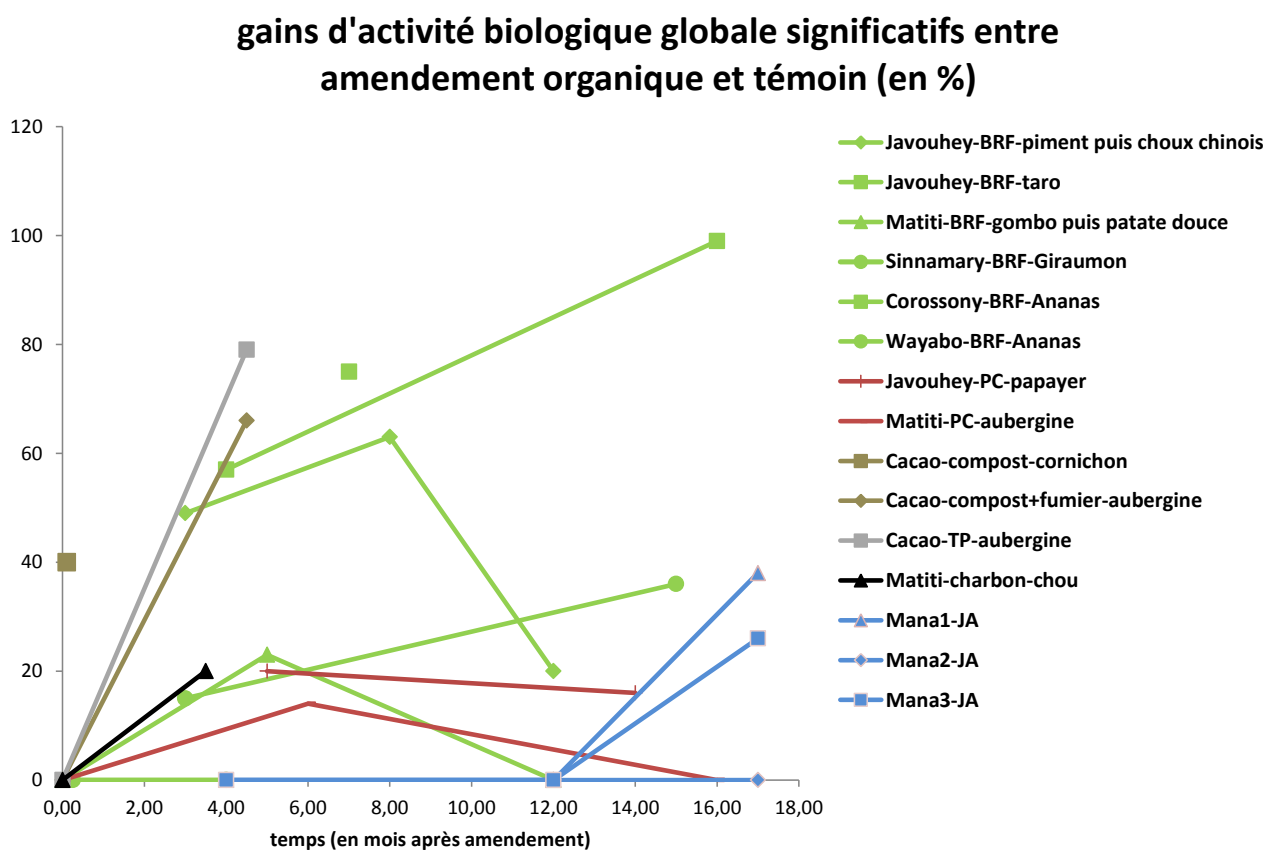


Figure 4 : Evolution de l'activité biologique globale du sol (respiration, en % de gain par rapport à un témoin) en fonction de l'amendement organique : BRF (en vert), plantes de services (rouge), compost (marron), terra preta (gris), charbon (noir) et jachère active par arbres fixateurs (en bleu).

Nous avons remarqué que les activités biologiques pouvaient être jusqu'à deux fois plus importantes sous l'amendement par rapport à une zone témoin (+99 % d'augmentation de l'activité respiratoire 15 mois après la pause de BRF sur le site de Corossony).

Des différences entre les types d'amendements sur l'amélioration globale de la qualité des sols

Il est difficile de comparer les différents traitements entre eux car les itinéraires des essais menés ne sont pas les mêmes : différentes conditions pédo-climatiques, différents itinéraires techniques (traitements des parcelles), installations à des périodes/saisons différentes. Malgré ces différences, des grandes tendances peuvent être discutées. Les différents apports de matière organique ne vont pas agir de la même façon sur la fertilité des sols :

- Une amélioration de la fertilité plus ou moins rapide selon les amendements:

Certains amendements vont améliorer très rapidement la fertilité des sols. C'est le cas du compost qui seulement au bout de 3 jours va entrainer un meilleur fonctionnement biologique des sols. Ceci peut s'expliquer par le fait que cet amendement est composé de matière organique en décomposition où des micro-organismes sont déjà en activité. En plus d'apporter de la matière organique qui stimulera l'activité biologique des sols, on peut supposer un transfert des micro-organismes déjà actifs dans le compost vers le sol.

A l'inverse, les sites de jachère active renseignent que les arbres fixateurs vont mettre plus d'un an avant d'agir sur la fertilité des sols sur nos expérimentations. On peut facilement comprendre que les arbres ont besoin de se développer pendant un certain temps avant de pouvoir fournir de la matière organique au sol. Des études sur sites miniers (Projet GUYAFIX, Schimann 2005) ont montré qu'il fallait 6 ans pour que ces sols complètement détruits puissent, avec l'aide d'arbres fixateurs d'azote, se reconstruire et atteindre un niveau de fertilité équivalente à la forêt avoisinante. De plus, on a pu constater que les arbres qui ont été utilisés dans cette jachère appartenaient à des espèces du genre *Inga* mal adaptées aux conditions environnementales présentes (fortes périodes de sécheresse) et au sol extrêmement pauvre (sables blancs de Mana) entrainant la mort de cette première série d'arbres dans 2 essais sur 3. Le remplacement des individus du genre *Inga* par ceux du genre *Clitoria* a été une réussite ; les *Clitoria,* espèces savanicoles, sont bien adaptées aux conditions pédo-climatiques. Cependant, la quantité de la matière organique apportée par ces plants fixateurs est moins importante que ce qui avait été envisagé ; le fait d'être sur un milieu sableux ne permet pas l'accumulation de la matière organique trop facilement lessivable dans ce type de sol. Le RITA 2 pourrait permettre de tester des méthodes de stabilisation de cette matière organique (par association avec du charbon ou Biochar) et de suivre au moins sur 3 ans le réel impact de ces arbres sur la fertilité du sol. Cette période de programmation est suffisante pour démontrer que l'on peut réduire le temps de jachère à 3-4 ans au lieu de 10-15 ans, temps traditionnellement nécessaire.

- Une amélioration plus ou moins limitée dans le temps

Les résultats sur BRF et plantes de services montrent que l'amélioration de la fertilité par apport de matière organique est tangible mais souvent temporaire en se limitant à sa durée de décomposition. Selon les sites et la qualité du BRF (traduit par son C/N : plus la valeur du ratio est

grande, plus sa décomposition est lente), son action peut durer jusqu'à plus d'un an et demi (expérimentation de Corossony et Wayabo).

Pour maintenir la fertilité du sol, il faudrait donc ajouter une nouvelle couche de BRF dès que la couche précédente est dégradée. L'essai à Sinnamary montre un résultat intéressant. Il n'y a pas de différence de fonctionnement du sol entre la modalité BRF et la modalité témoin. L'agriculteur, Mr Carbo, utilise du BRF depuis de nombreuses années sur sa parcelle. Les apports répétitifs de BRF peuvent donc avoir un impact positif sur la fertilité des sols à long terme. Le fait d'omettre du BRF sur un an n'a pas entrainé de perte de la fertilité.

On suppose que l'effet du compost doit également être temporaire, et même d'une durée encore plus courte que pour les autres amendements car la matière organique apportée est déjà en cours de décomposition. Les essais n'ont pas été engagés sur d'assez longues périodes de temps pour pouvoir conclure.

- <u>Une amélioration plus ou moins importante selon les types de sols:</u>

6 expérimentations réalisées avec le BRF permettent de monter qu'il peut y voir de grandes variations de gain de fertilité pour un amendement donné selon les sites étudiés. Même si nous observons pour chaque essai une amélioration du fonctionnement global des sols, son intensité diffère selon les sites étudiés. Il est difficile de comparer les essais entre eux car plusieurs facteurs peuvent influencer l'action de l'amendement sur la fertilité des sols : la qualité et la quantité de l'amendement et la qualité des sols. La même zone d'expérimentation BRF à Javouhey sur culture de piment puis chou chinois a montré une forte hétérogénéité des sols. Ainsi, nous avons pu étudier plus précisément l'impact de la qualité des sols sur les gains de fertilité. Les résultats ont montré qu'avec le même amendement (même qualité et quantité de BRF), c'est le sol de meilleure qualité qui est le plus amélioré par l'amendement. Ce sol, qui a un pouvoir de rétention plus important (taux d'argile), peut le plus efficacement retenir la matière organique et les éléments minéraux formés à partir du BRF par les micro-organismes.

Une amélioration produite par un changement superficiel ou en profondeur de la qualité des sols ?

Deux grands facteurs permettent d'évaluer la qualité d'un sol : l'importance de sa biomasse microbienne mais aussi sa diversité. Les bio-indicateurs utilisés pour mesurer les variations de ces deux facteurs sont respectivement la respiration et la dénitrification.

Si les amendements étudiés ont tous un impact positif sur la biomasse microbienne (respiration), ils ont une action très variable sur la diversité et la structure des communautés microbiennes. Cette diversité microbienne tend à améliorer la stabilité du sol car elle renforce la capacité de ce sol à réaliser toutes ses fonctions et elle multiplie les possibilités de leur redondance. Le sol pourra mieux faire face aux perturbations anthropiques et environnementales et être alors exploité pendant plus longtemps. La dénitrification est un bon indicateur de la diversité microbienne car les bactéries dénitrifantes qui représentent autour de 10% des microorganismes, sont très diversifiées appartenant à un grand nombre de taxons qui sont capables d'assurer la plupart des grandes fonctions du sol. Ainsi, une stimulation de la dénitrification proportionnellement plus importante que celle de la respiration (DEA/SIR) reflète une amélioration de la diversité bactérienne des sols.

Le sol traité avec le BRF a généralement gardé une activité dénitrifiante stable pendant que l'activité respiratoire augmentait, entrainant une baisse du ratio DEA/SIR. L'interprétation de ces résultats est que la biomasse microbienne a augmenté sans pour autant augmenter la quantité de dénitrifiants. Des micro-organismes autres que les bactéries se sont alors développés. L'ajout en grande quantité de lignine et de cellulose, composants majoritaires du BRF, a favorisé les décomposeurs que l'on retrouve surtout dans le règne des champignons. La décomposition de la matière organique permettant la transformation de composés complexes comme la cellulose et la lignine en composés plus simples, est une étape essentielle avant la minéralisation qui elle, est le fait du monde bactérien. Cette minéralisation est la transformation ultime permettant de fournir aux plantes les éléments minéraux nécessaires à leur nutrition. L'augmentation de la microflore fongique est éphémère et dure le temps nécessaire à la décomposition du BRF.

Le compost, les arbres fixateurs en jachère active et la plante de services *Canavalia ensiformis* ont quant à eux stimulé l'activité dénitrifiante. Ces traitements semblent donc favoriser la diversité bactérienne. Le faible nombre d'essais et le temps de l'expérimentation ne nous permet pas de conclure à un changement profond de la qualité du sol, mais sur l'ensemble des essais le plus

spectaculaire résultat a été obtenu avec *Canavalia*. Cette plante utilisée comme plante de couverture a pratiquement provoqué un doublement du ratio DEA/SIR marquant, une amélioration de la diversité bactérienne du sol sur le long terme. L'utilisation d'un troisième bio-indicateur qui mesure l'évolution d'une communauté extrêmement faible en nombre et qui est le plus difficilement mesurable, la nitrification (capacité du sol à former du nitrate) conforte l'action améliorante sur le long terme de *Canavalia* (amélioration significative de l'activité nitrifiante sous *Canavalia*). Cette performance nous a poussé à nous intéresser à un essai non initialement prévu dans le RITA 1 qui a été récemment mis en place. Il porte sur 9 espèces différentes de plantes de services dont les résultats ne pourront être disponibles que dans plusieurs mois.

Une place à part peut être réservée à la plante de service, fixatrice d'azote, *Crotalaria spectabilis*. Cette dernière n'entraine pas d'augmentation de la dénitrificaion et même parfois une baisse, alors que la biomasse microbienne augmente. De par la présence d'alcaloïdes dans ses tissus, les crotalaires sont connues pour avoir des propriétés nématicides. Il est possible que ces composés aient également un rôle bactéricide pouvant avoir un impact sur la communauté dénitrifiante. Si cette hypothèse se confirme, l'utilisation de crotalaires pourrait être intéressante dans la lutte contre le flétrissement bactérien, maladie due à une bactérie pathogène dénitrifiante.

Enfin, l'utilisation de charbon a permis une augmentation de la fertilité sans entrainer un changement de structure des communautés microbiennes. Contrairement aux autres amendements, le charbon n'apporte aucun élément nutritif au système. L'amélioration obtenue vient de sa structure poreuse permettant de retenir l'eau, la matière organique et les éléments minéraux. Il constitue alors une niche favorable au développement des micro-organismes. Ses propriétés sont d'autant plus bénéfiques sur des sols sableux. Associé avec des amendements organiques sources d'éléments nutritifs, il va permettre de limiter les pertes par lessivage de la matière organique et des éléments minéraux formés fortifiant ainsi l'impact de l'apport de matière organique.

Conclusions

L'augmentation des besoins et le changement climatique sont désormais des forces motrices majeures qui affectent durablement les ressources naturelles que l'on sait limitées (cf. notamment les rapports du « Millenium Ecosystem Assessment », du GIEC et du Grenelle de l'Environnement). Les sols font partie de ces ressources et il faut s'attendre à une forte augmentation des demandes les concernant.

Le programme GUYAFER avait pour objectif de sensibiliser l'opinion sur l'importance du sol pour le développement économique de la Guyane ainsi que de promouvoir et de transférer les connaissances et expériences permettant de garantir une utilisation durable des sols.

Dans ce but, ce programme a développé trois axes principaux :

1) L'étude des **impacts de la déforestation sur la qualité des sols.** La Guyane a la chance de pouvoir développer une partie de son agriculture à partir de nouvelles terres fraichement défrichée (L'ONF réserve près de un million d'hectares de forêt à ce nouvel usage). Réaliser une défriche à faible impact est la première opération qui permet de limiter la perte de la qualité des sols. Une synthèse bibliographique a abouti à la proposition d'**un itinéraire de défriche « à faible impact »** permettant d'être dans les conditions optimum de préservation de ces sols forestiers. Cette synthèse s'accompagne d'un suivi encore en cours d'une défriche grandeur nature pour également étayer les contraintes et les coûts de cette défriche.
2) Etude de l'**état des lieux des sols guyanais**. Avant toute intervention, un diagnostic des potentialités et des contraintes des principaux sols agricoles de la Guyane basé sur la connaissance de leurs propriétés chimiques, physiques et biologiques, doit être réalisé. Il en ressort qu'il existe une grande diversité de texture des sols en Guyane allant de sol argileux à sableux. Les sols sont globalement très pauvres, ils contiennent très peu de matière organique et peu d'éléments nutritionnels, en particulier l'élément azote dont les plantes ont besoin en grande quantité. Tous les sols guyanais évalués présentent des lacunes nutritionnelles qui imposent des apports pour obtenir des récoltes avec un rendement raisonnable.

3) L'étude des **impacts des amendements organiques** sur la fertilité des sols **:** Les utilisations de BRF, compost, plantes de services fournisseuses de matière organique riche en azote, et *terra-preta* ont montré des améliorations de la qualité des sols. Ces améliorations sont toutefois très variables d'un type de sol à l'autre : ceux sont les sols les plus riches qui réagissent le plus positivement aux apports de matière organique. Ces améliorations sont éphémères et les sols imposent des apports rapprochés et réguliers de matière organique si on veut maintenir une certaine durabilité de la fertilité des sols. La texture des sols le plus souvent à dominance sableuse ne permet pas une augmentation du taux de matière organique, cette dernière étant systématiquement lessivée. La présence d'argile dans les sols les plus fertiles permet la formation de complexes argilo-humiques qui stabilisent les apports.

Ces deux années d'étude ont permis de mieux connaître les types de sol généralement cultivés en Guyane et de quantifier l'impact des amendements pratiqués par quelques agriculteurs. Pour plusieurs pratiques, les essais n'ont pas pu être assez nombreux pour pouvoir en tirer des résultats génériques et les moyens n'ont pas été suffisants pour prendre en compte la composante principale qui est le gain de production. Mais, l'intérêt de cette étude a été la mise en évidence des verrous limitant l'impact des apports organiques réalisés ainsi que le repérage des moyens possibles pour améliorer cet impact. Les essais sur les plantes fixatrices aussi bien ligneuses qu'herbacées utilisées soit dans les sols en jachère soit comme plantes de couverture ont donnés des résultats prometteurs. L'intérêt de ces plantes peut d'ailleurs être multiple comme celui de la lutte contre l'enherbement, la rétention d'humidité du sol ou la production de biomasse. La présence en Guyane d'un grand nombre de ces espèces peut permettre de trouver les meilleures combinaisons plantes de service/type de sol/type de culture.

Le problème le plus important rencontré lors de l'apport des différents amendements est la stabilisation de la matière organique afin qu'elle ne soit pas perdue par lessivage. Comme il n'est pas possible de faire varier le taux d'argile d'un sol, responsable de cette stabilisation, le charbon pourrait représenter un palliatif au manque d'argile comme le montrent les quelques essais réalisés. La porosité du charbon et ses capacités de rétention peut permettre une limitation au lessivage de la matière organique et des éléments minéraux, favorisant ainsi le maintien de la fertilité. Il a également l'avantage d'être peu couteux et d'avoir une action pérenne. Cette méthode ancestrale

utilisée par les amérindiens a démontré son efficacité en nous laissant des lopins de terres anciennement cultivées extrêmement riches, les fameuses *« terra preta ».*

Dans le cadre de la prochaine programmation du RITA, démontrer chez l'agriculteur les différentes possibilités d'améliorer l'action des apports organiques sur la qualité des sols, notamment par des associations d'amendements, est un véritable moyen d'orienter l'agriculture vers une production plus respectueuse de l'environnement.

Tableaux et figures

Tableau 1 : public cible du projet 21

Tableau 2 : informations sur les expérimentations de l'action GUYAFER-MARBO 22

Tableau 3 : information sur les sites expérimentaux de l'action GUYAFER-ABB 23

Tableau 4 : Caractéristiques physiques des essais de GUYAFER 25

Tableau 5 : Caractéristiques chimiques des sols des essais de GUYAFER.....26

Tableau 6 : Respiration potentielle, dénitrification potentielle et pourcentage de dénitrifiants dans les sols des différents essais de GUYAFER.....29

Tableau 7 : paramètres physico-chimiques et biologiques des différents essais 30

Tableau 8 : corrélation des variables quantitatives et qualitatives aux dimensions choisies. 31

Figure 1 : cercle de corrélation des variables quantitatives (physico-chimiques) 31

Figure 2 : cercle de corrélation des variables quantitatives retenues 32

Figure 3 : représentation des essais selon le niveau de fertilité biologique des sols.....33

Figure 4 : Evolution de l'activité biologique globale du sol en fonction de l'amendement organique.....35

ANNEXES

LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

Un grand nombre de partenaires

Les expérimentations se sont en partie jointes à d'autres essais mis en place avec des partenaires chez des agriculteurs: DAAF (Direction de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt), CIRAD (Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement), APFFLG (Association des Producteurs de Fruits, de Fleurs et Légumes de Guyane), CFPPA (Centre de Formation Professionnelle Pour Adultes), EPLFPA (Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole), Bio-savane, MFR (Maison Familiale et Rurale), GDA de Mana (Groupement de Développement Agricole). Ces différents partenariats permettent la caractérisation des pratiques actuelles et le suivi de la gestion des cultures ainsi que l'étude de paramètres autre que la fertilité des sols selon les projets en cours (enherbement, taux humidité des sols, pourcentage de recouvrement par les plantes de couverture, dégradation des couverts,…).

Objectif et mise en place

Dans le cadre des actions du projet GUYAFER, il a fallu mettre en place des essais afin de tester l'effet de différents types d'amendements organiques sur la fertilité des sols.

Les essais consistent à comparer des zones « traitées », avec des zones « témoin » (sans apport de l'amendement). Les traitements étudiés sont la mise en en place d'amendements organiques (BRF, compost, charbon) ou de plantes de couverture fixatrice d'azote utilisée comme engrais vert en maraichage et arboriculture (action MARBO) ou des arbres fixateurs en jachère active (action ABB). Les itinéraires techniques des agriculteurs sur la préparation et l'entretien de leur parcelle ne sont pas toujours connus (notamment sur la nature et la quantité d'engrais ou de fertilisant quand ils sont utilisés, désherbage, …). L'expérimentation se fait en conditions réelles, avec les difficultés et les impératifs que rencontrent les agriculteurs. Cependant, sachant que les zones « témoins » et les zones « traitées » des essais se situent sur les mêmes parcelles, seul l'amendement organique testé différencie l'itinéraire technique des zones « traitées » des zones « témoins ». Ainsi, les différences de fertilité mesurées entre zones « traitées » et zones « témoins » seront seulement due à l'amendement testé.

Durée de l'expérimentation

La durée de l'expérimentation est de un ou deux cycles de cultures selon les essais (action MARBO) et de un an et demi pour les jachères actives (action ABB).

Taille et forme des essais

Action MARBO – maraichage :

Les cultures maraichères sont mises en place sur des billons avec les amendements organiques. Le nombre, la taille et la largeur des billons dépendent des dispositifs tout comme leur préparation et leur entretien. La qualité et quantité des amendements peut également varier selon les dispositifs. Chaque dispositif étudie plusieurs billons et chaque billon est subdivisé pour accueillir les modalités « témoin » et « traité » afin d'obtenir des répétitions. Les différentes unités expérimentales sont répartis dans la parcelle afin de palier au mieux les effets éventuels liés à l'hétérogénéité initiale des sols.

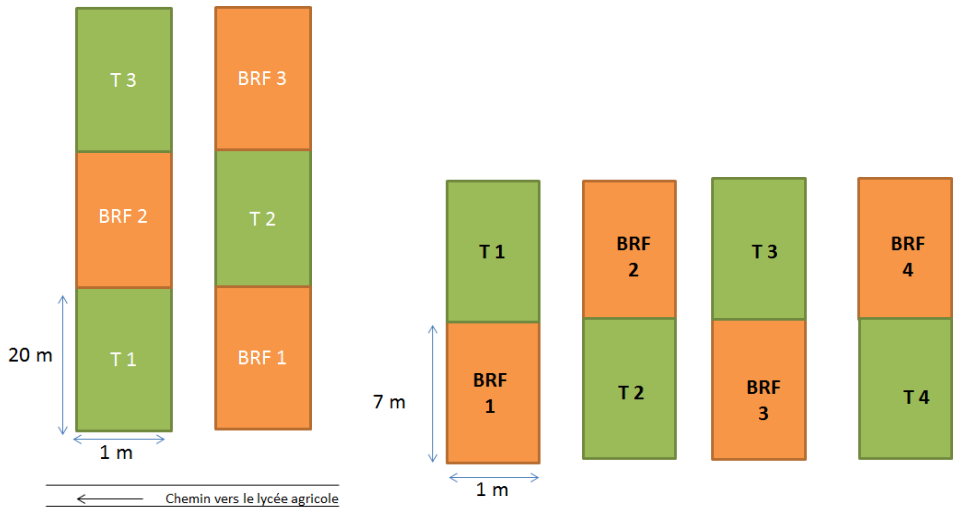


Figure 1 : deux exemples de dispositifs expérimentaux avec la répartition des blocs sur les billons

- **Action MARBO – arboriculture :**

Des essais de plantes de couverture fixatrices d'azote ont été mis en place sur les vergers. Sur les parcelles, les plantes de couvertures ont était installées (par semi ou bouture selon les cas)

en inter-rang, entre les rangs des arbres fruitiers. Dans un premier temps, la plante de couverture pousse en inter-rang, puis quand sa biomasse devient suffisante elle est réduite en mulch que l'on dépose aux pieds des cultures sur les rangs. Le nombre, la taille et la largeur des rangs et inter-rangs dépendent des dispositifs tout comme la préparation et l'entretien du dispositif. Les espèces testées, leur densité de plantation ainsi que le moment de réduction en mulch varie selon les dispositifs.

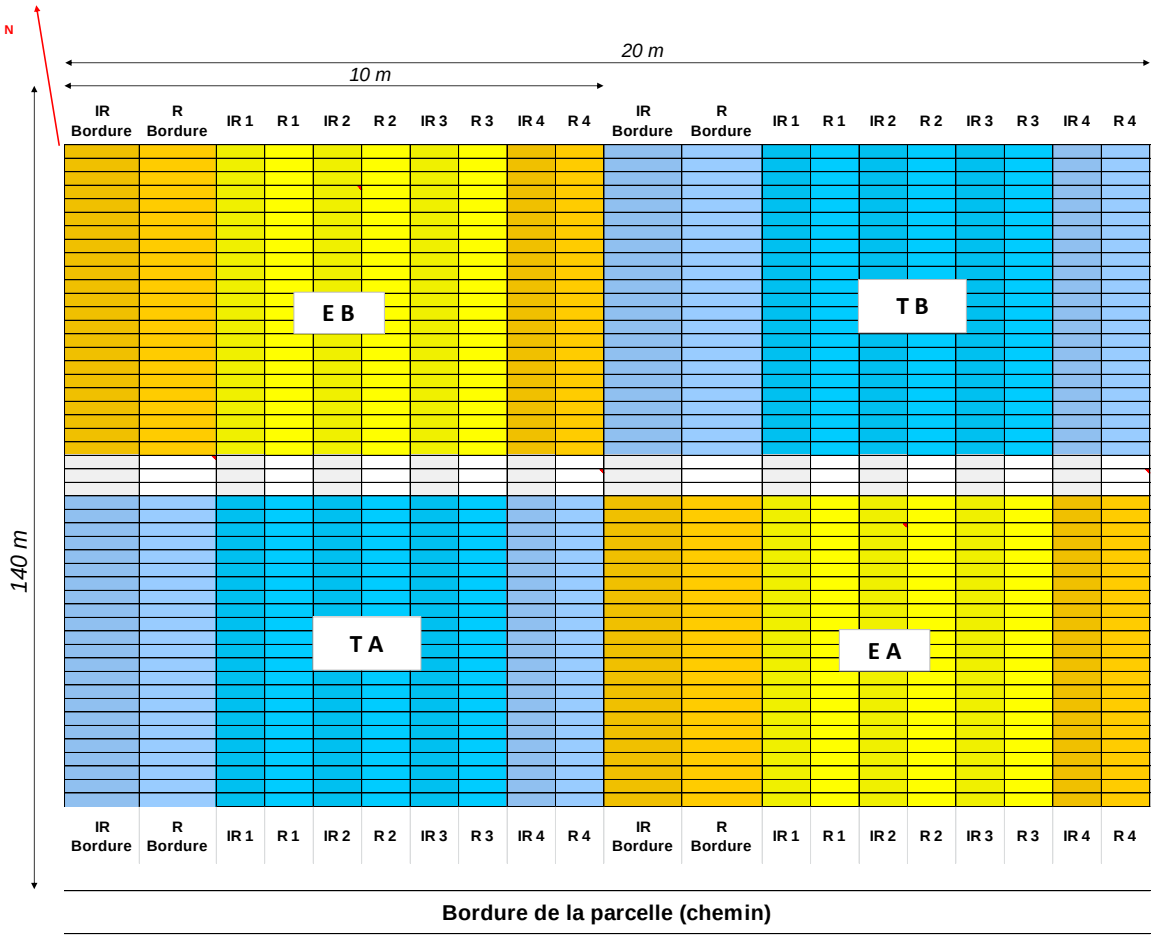


Figure 2 : exemple de dispositif en arboriculture. Ici, E : zone avec plante de couverture, T : témoin, R : rang, IR : inter-rang.

- **Action ABB:**

Sur les différents dispositifs, une parcelle de 1000 m² « traitée » avec plantation d'arbres fixateurs (une centaine d'arbres espacés tous les 3 mètres) a été mise en place à côté d'une parcelle « témoin » sans arbres fixateurs (1000 m² également).

Analyse du système

Elle se fait sur différentes mesures à différents stades de l'essai.

Pour chaque dispositif, le nombre de prélèvements est optimisé pour obtenir une bonne représentativité de la qualité générale du sol de différentes unités expérimentales.

Pour toutes les actions, les analyses physico-chimiques sont généralement réalisées lors de la mise en place du dispositif (un ou plusieurs composites sont constitués selon l'hétérogénéité visible du sol). Ces analyses ne sont réalisés qu'en début d'essai car les paramètres physico-chimiques du sol restent relativement stables sur un laps de temps court, et sont peu sensibles aux variations sur un ou deux cycles de culture. Les analyses biologiques sont plus aptes à détecter de rapides changements environnementaux.

Action MARBO – maraichage : BRF, Charbon, Compost, *terra preta*

Au temps t0 : mise en place du dispositif (amendement et culture maraichère sur billons):

- Analyse physico-chimique
- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

A t1 : fin du premier cycle de culture (durée variable) et parfois T2 : fin d'un deuxième cycle

- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

Action MARBO – maraichage : plantes de couverture

Au temps t0 : mise en place de la couverture vivante sur billons (semis):

- Analyse physico-chimique
- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

A t1 : mulch de la couverture et installation de la culture sur les billons couvert du mulch :

- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

A t2 : fin du cycle de la culture :

- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

Action MARBO – arboriculture : plantes de couverture

Au temps t0 : mise en place de la couverture vivante en inter-rang (semis ou boutures):

- Analyse physico-chimique de la parcelle
- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

A t1 : mulch de la couverture et installation au pied des arbres en rang :

- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

A t2 : fin du cycle de la culture fruitière :

- Analyses biologiques (respiration, dénitrification, nitrification)

Action ABB

Au temps t0 : mise en place des plants fixateurs d'azote :

- Analyse physico-chimique de la parcelle
- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

A t1 : un an après la mise en place du dispostif :

- Analyses biologiques (respiration, dénitrification) intermédiaire

A t2 : en fin d'expérimentation :

- Analyses biologiques (respiration, dénitrification)

Les analyses à t0 sont indispensables pour pouvoir ensuite rendre interprétable les résultats. En effet, si des différences significatives entre modalités sont détectées pour les mesures initiales (avant leur mise en place), on ne pourra pas dire par la suite que les différences entre modalités sont dues au traitement testé.

Outils d'évaluation de la fertilité des sols

Cette fiche permet de comprendre les outils et analyses utilisées afin de décrire la fertilité des sols. Elle contient les éléments nécessaires à la compréhension des tableaux et graphiques présentés dans les fiches individuelles des essais menés, ainsi que dans la synthèse des résultats du rapport.

En matière de fertilité, le potentiel de production d'une parcelle pour une culture donnée est fonction des propriétés du sol mais également des caractéristiques climatiques. Climat et sols concourent donc à un environnement pédoclimatique, c'est-à-dire un ensemble de conditions favorables ou contraignantes pour la croissance végétale (GISSOL 2005). La fertilité des sols englobe classiquement trois types de composantes interdépendantes devant être prises en compte dans les analyses:

1) **la fertilité physique** qui détermine les zones cultivables, la disponibilité des nutriments les conditions de colonisation efficace des racines à travers une structure meuble, perméable et aérée du sol, retenant l'eau et en évacuant les excès,

2) **la fertilité chimique** qui a trait à la nutrition minérale des végétaux via les concepts de biodisponibilité des éléments, de carences, de toxicités et d'équilibres,

3) **la fertilité biologique** qui est liée à l'activité des micro-organismes dont dépendent les transferts des nutriments du sol à la plante ainsi que la minéralisation des matières organiques apportées.

Fertilité physique:

I. L'environnement

L'environnement physique exerce des contraintes d'importance majeure pour déterminer les zones cultivables (Boyer 1982):

- Relief : de fortes pentes, plus particulièrement, des pentes supérieures à 30% entrainent de fortes limitations agricoles du fait de leur grande sensibilité à l'érosion et d'une mécanisation des cultures difficile,
- La profondeur du sol : exploitable par les racines, peut être limitée par un certain nombre de caractéristiques : nappe perchée, cuirasse ou système de drainage latéral (horizon imperméable à l'eau et aux racines).
- L'hydromorphie : Peu de plantes cultivées supportent un engorgement pratiquement permanent en dehors de la dachine et du wassaï.

II. La structure du sol :

Cette analyse consiste à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction. Cette analyse permet d'évaluer la **stabilité structurale** du sol. On compte trois grandes classes de sol basées sur la grosseur des particules : les sols sableux, les sols limoneux et les sols argileux. Chaque type de sol montre des avantages et inconvénient (ex : les sols très argileux retienne bien l'eau et les minéraux mais sont sensibles au phénomène de battance. A L'inverse, les sols très sableux sont bien drainants mais seront plus soumis au lessivage). Les sols sablo-argileux et argilo-sableux montrent de bonnes textures.

Tableau 1: Texture et limitation agricole

Type de sol	Taux d'argile	Qualité
Sableux	Grande dominance sableuse (+ 65%)	Faible
Argileux	Grande dominance argileuse (+ 50%)	Moyen
Sablo-argileux	Grande composante sableuse puis argileuse	Bon
Argilo-sableux	Grande composante argileuse puis sableuse	Bon

Fertilité chimique

I. Le pH

Le **pH** du sol est un indicateur des conditions physico-chimiques de la solution du sol. Il exerce un effet direct sur l'activité microbienne du sol ainsi que sur la biodisponibilité des nutriments, à travers des phénomènes de solubilisation et d'insolubilisation propres à chaque élément. Il existe donc une gamme de pH autour de laquelle chaque élément est le plus facilement bio-disponible. L'application inadéquate d'amendements calciques (pour redresser le pH d'un sol) peut ainsi entraîner des blocages au niveau de l'absorption du manganèse, du zinc ou du bore. A contrario, une acidité importante du sol réduit l'absorption du molybdène par exemple. Les sols guyanais sont globalement acides, dont la valeur se situe souvent entre 4 et 6.

Tableau 2 : qualité du pH

pH	Qualité du pH
< 4	Faible
Entre 4 et 6	Moyen
6-7	Bon

II. La matière organique

La **matière organique** (MO) joue un rôle fondamental pour le maintien de sols vivants à long terme. Un taux de matière organique élevé favorise le développement des micro-organismes et de la faune des sols. Ce sont ces mêmes micro-organismes qui mettent ensuite les éléments minéraux à disposition des plantes grâce à la minéralisation de cette manière organique. Les caractéristiques des matières organiques et leur contenu dans les sols doivent donc être considérés comme des critères indispensables au diagnostic en matière de fertilité. La caractérisation de la MO doit donc se faire à partir de 2 indicateurs complémentaires :

- Le taux de matière organique : il donne, en pourcentage, la proportion de matière organique du sol. C'est l'indicateur le plus utilisé actuellement, car facilement dosable. Utilisé seul il n'est pas suffisant car il ne prend pas en compte la qualité de la MO qui détermine sa bio-dégradabilité. Une teneur en matière organique inférieure à 1% signifie que le sol manque de ressources suffisantes pour assurer une production correcte.

Tableau 3 : qualité de la teneur en matière organique

Teneur en MO (%)	Qualité
< 1	Faible
Entre 1 et 1.6	Moyen
>1.6	Bon

- Le **rapport C/N** ou rapport carbone (C%) sur azote (N‰) est un indicateur qui permet de juger du degré de biodégradabilité de la matière organique (stabilité), c'est-à-dire de son aptitude à se décomposer plus ou moins bien dans le sol. On considère généralement que plus le rapport C/N de la MO est élevé, plus elle se décompose lentement dans le sol :

Si C/N > 20 : Pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone (il y a compétition entre l'absorption par les plantes et la réorganisation de la matière organique par les microorganismes du sol, c'est le phénomène de "faim d'azote"). L'azote est alors prélevé dans les réserves du sol. La minéralisation est lente et ne restitue au sol qu'une faible quantité d'azote minéral car l'activité biologique est limitée.

Si C/N < 10 : La matière organique va rapidement être minéralisée et le stock de matière organique diminue.

Un C/N entre 10 et 20 indique une teneur en azote satisfaisante pour permettre une bonne décomposition de la matière carbonée

Tableau 4 : qualité du ratio C/N

C/N	Qualité du C/N
< 10	Faible
Entre 10 et 20	Bon
➢ 20	Faible

Utilisé seul, l'indicateur C/N a ses limites : deux MO ayant le même C/N peuvent avoir des actions différentes sur l'évolution de la teneur en micro-organismes du sol et des niveaux de dégradation différents. Le C/N doit donc être considéré comme un indicateur partiel de qualité de la MO à compléter par d'autres informations, notamment de type biologique (respiration par exemple, voir plus bas).

III. Les éléments minéraux

Les éléments nutritifs sont présents dans les sols sous différentes formes (cations, anions, complexes…) et à des concentrations variables, en fonction par exemple de la nature des sols et du type de fertilisation pratiquée. Chaque élément joue un rôle spécifique dans la croissance des végétaux. L'analyse chimique mesure dans le sol les éléments nutritionnels susceptibles d'être absorbés par les plantes et précise les teneurs de ces éléments, l'objectif étant de prévenir les carences et d'éviter les excès (les sols de Guyane sont rarement en excès). Les résultats des analyses sont également un élément important pour l'établissement d'un plan pluriannuel de fumure.

L'azote est un élément clé du sol qui permet la constitution de la matière végétale. En dessous de 2 ‰, la concentration en azote n'est pas assez importante pour permettre un rendement de récolte satisfaisant.

IV. La capacité d'échange cationique (CEC) :

La capacité d'échange cationique du sol représente la taille du réservoir permettant de stocker de manière réversible des éléments nutritifs (potassium, magnésium, calcium…) et est donc une

composante importante de la fertilité d'un sol. Il dépend fortement du complexe argilo-humique (CAH) qui sert de relais et de stockage entre les matières organiques et la plantes.

Tableau 5 : interprétation de la valeur de la CEC

Valeur de la CEC (méq/100 g)	qualité
< 12	Faible
Entre 12 et 15	Moyenne
>15	Elevée

(Source: http://www.lano.asso.fr/web/capacite_dechange_cationique.html)

Fertilité biologique :

Pour une conduite de culture durable, il est nécessaire de mesurer la qualité des sols. Evaluer la qualité d'un sol, c'est interpréter ses propriétés pour en rechercher les potentialités et les facteurs limitants afin d'optimiser son utilisation. Les micro-organismes du sol interviennent dans de nombreuses transformations biogéochimiques, de la fixation de l'azote atmosphérique à la décomposition des matières organiques (impact direct sur la disponibilité en éléments nutritif des sols, notamment l'azote, un élément clef de la fertilité), contribuant ainsi au développement des sols, à l'établissement d'un certain niveau de fertilité et finalement à la productivité primaire nette. Le sol est donc un système vivant dans lequel les micro-organismes ont un rôle clef à travers la réalisation de fonctions clefs.

I. Qu'est-ce qu'un bio-indicateur ?

Un bio-indicateur est un indicateur constitué par une espèce ou un groupe d'espèces dont la présence ou l'état renseigne sur certaines caractéristiques de l'environnement et/ou sur l'incidence de certaines pratiques Pour être un outil de diagnostic efficace, Il doit remplir les critères suivant : sensibilité, reproductibilité, facilement mesurable et intégratif des conditions de milieu.

II. Les bio-indicateurs caractéristiques de la fertilité des sols.

Les fonctions microbiologiques du sol représentent les valeurs les plus intégratives de la connaissance de la qualité du sol (un sol montrera une bonne activité lorsque que son environnement lui est favorable ; bonnes conditions physico-chimiques). En effet, des travaux récents montrent que **les processus microbiens du sol sont les bio-indicateurs les plus pertinents de la qualité des sols et de leur fertilité** (Schimann et al (2012), Ritz et al. (2009), voir aussi Bastida et al. 2008 pour synthèse). De plus, par la rapidité d'adaptation et de réaction aux changements, les mesures des capacités métaboliques des micro-organismes peuvent rendre compte, avant tout autre indicateur, tel que celui de la productivité végétale ou des analyses physico-chimiques, des modifications de l'état d'un sol.

Les micro-organismes offrent une très grande diversité métabolique qui, bien évidemment, ne peut pas être prise en compte de manière exhaustive. Il est donc nécessaire de choisir des activités microbiennes qui rendent compte du fonctionnement global du sol. Ces activités sont choisies selon trois types de critères: (1) l'importance écologique des flux générés, (2) la représentativité par rapport à l'ensemble de la communauté microbienne du sol et, (3) l'accessibilité technique à la mesure des activités choisies. Schloter et al. (2003) considèrent dans ce contexte que de bons indicateurs à prendre en compte sont ceux se référant aux cycles du carbone et de l'azote.

III. Bio-indicateurs ciblés :

Les fonctions microbiennes choisies sont la respiration (dégagement de CO2), la dénitrification (dégagement de N2O) et la nitrification (production de NO3) car elles représentent des processus importants dans le fonctionnement des écosystèmes (participation à l'équilibre de carbone ou d'azote entre la biosphère et l'atmosphère, émission de gaz à effet de serre…) et sont réalisées par des communautés abondantes et diversifiées, donc représentatives du système sol :

A. La respiration potentielle (SIR):

La respiration microbienne du sol concerne l'ensemble des micro-organismes dans leur diversité et abondances. La mesure de respiration vient en complément des analyses chimiques de matière organique. Elle est mesurée en dégagement de CO_2 (µg C-CO_2/g sol/h). Cette mesure est importante car elle renseigne sur la capacité de la communauté microbienne

hétérotrophe du sol **à décomposer la matière organique**. Elle peut aussi être considérée comme un indicateur de la **biomasse microbienne totale active** du sol et donc de sa capacité biotique. Cet indicateur est pertinent pour décrire le fonctionnement global d'un sol.

B. La nitrification potentielle :

La nitrification est le processus au cours duquel l'ammonium ($NH4^+$) est oxydé en nitrate ($NO3^-$). Elle est mesurée en dégagement de NO_3 (µg N-NO3/g sol/h). Ces sources d'azote sont facilement assimilables par les plantes. Les nitrifiants sont principalement autotrophes, et peuvent fixer le gaz carbonique de l'air de la même manière que la photosynthèse pour produire de la matière organique (donc à partir de matière inorganique). Ces bactéries sont très spécialisées (ne remplissent pas d'autres fonctions) et ne sont pas très diversifiées (quelques taxons). La communauté nitrifiante représente moins de 1/ 10 000ème de la communauté totale. La nitrification, en produisant du nitrate, participe à l'alimentation azotée des cultures

C. La dénitrification potentielle (DEA):

L'étape finale du cycle de l'azote s'appelle la dénitrification, au cours de laquelle un autre groupe de bactéries transforment le nitrate en gaz azoté qui est libéré dans l'atmosphère. Elle est mesurée via un dégagement de N_2O (µg N-N_2O/g sol/h). Cette étape se déroule principalement lorsque le sol est saturé d'eau et concourt à une perte d'azote minéral dans les sols, principalement en en situation d'excès d'eau. Seules 10% des microorganismes sont capables de dénitrifier, mais appartiennent à un grand groupe de taxons. Ils sont aussi capables de réaliser d'autres fonctions (généralistes). Cette mesure permet de rendre compte de la **diversité microbienne des sols** (voir ci-dessous DEA/SIR).

D. Le ratio dénitrification / respiration (DEA/SIR – dénitrification corrigée) :

Ce ratio renseigne du pourcentage de la communauté dénitrifiante (taxons divers, faible abondance) dans le sol sur la diversité microbienne hétérotrophe totale (respiration) et est ainsi un indicateur de la **diversité microbienne des sols**. Cette mesure est importante car une grande diversité sous-entend la réalisation d'un grand nombre de fonction et une meilleure résistance face à des perturbations environnementales. De plus, cette communauté dénitrifiante, capable de respirer l'oxygène, est entièrement intégrée dans la communauté microbienne totale. A ce titre, si les conditions environnementales font varier la respiration, la

dénitrification devrait varier dans les mêmes proportions mais ne pas changer le ratio DEA/SIR .Une variation de ce ratio marque que les nouvelles conditions environnementales ont provoqué un changement de la **structuration de la communauté microbienne**.

IV. Indice de fonctionnement du sol (fertilité biologique)

Afin de regrouper ces différentes mesures d'activités biologiques et d'en faciliter l'interprétation, nous avons élaboré un indicateur global de la fertilité biologique. Ainsi, 3 classes de qualité de fonctionnement des sols ont été créés (faible, moyen, bon) à partir de l'importance relative des différentes activités mesurées. Cet indice est indiqué sur chaque fiche individuelle d'essai.

V. Indice de fertilité global

Cet indice est construit à partir des différentes composantes physiques, chimiques et biologiques. Il est décliné selon 3 classes : faible, moyen, bon. Cet indice est indiqué sur chaque fiche individuelle d'essai.

VI. Détails sur les mesures

Les différentes activités ont été mesurées par Chromatographie en phase gazeuse (Varian CP4900). Les mesures sont les **valeurs « potentielles** » de ces fonctions (en conditions non-limitantes en source de carbone ou d'azote = conditions optimales) afin de rendre comparables les mesures de différents systèmes et conditions et en minimisant leur variabilité. En effet, les mesures « réelles » d'activité peuvent être différentes selon la période d'échantillonnage des sols (matin *vs* soir, avant *vs* après précipitations, etc…). Les différentes mesures sont faites sur les **10 premiers centimètres du sol**, **la couche la plus fertile où ont lieu les principaux échanges entre sol et culture**.

Les sols sont préalablement conditionnés : séchage, tamisage et stockage en chambre froide permettant d'homogénéiser les échantillons et de mettre en sommeil les activités biologiques le temps de la mesure.

Les analyses biologiques sont réalisées par SOLICAZ. Les analyses physico-chimiques sont réalisées par des laboratoires agréés de France métropolitaine (France Analyse et CelestaLab).

VII. Approche par comparaison

Le niveau des activités biologiques peuvent fortement dépendre des saisons et des fertilisations apportés au cours des essais (qui ne sont pas toujours divulguées). Il est donc difficilement envisageable d'étudier l'évolution de ces activités dans le temps car dépendante des périodes d'échantillonnage. Pour pallier à cette contrainte, nous avons choisi de nous intéresser aux pourcentages de gain d'activité entre la modalité traité (amendement organique) par rapport à un témoin qui a subi le même traitement (hormis l'amendement) à chaque période. Cela permet alors de suivre dans le temps, le niveau d'amélioration de la fertilité des sols par l'apport de matière organique.

ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

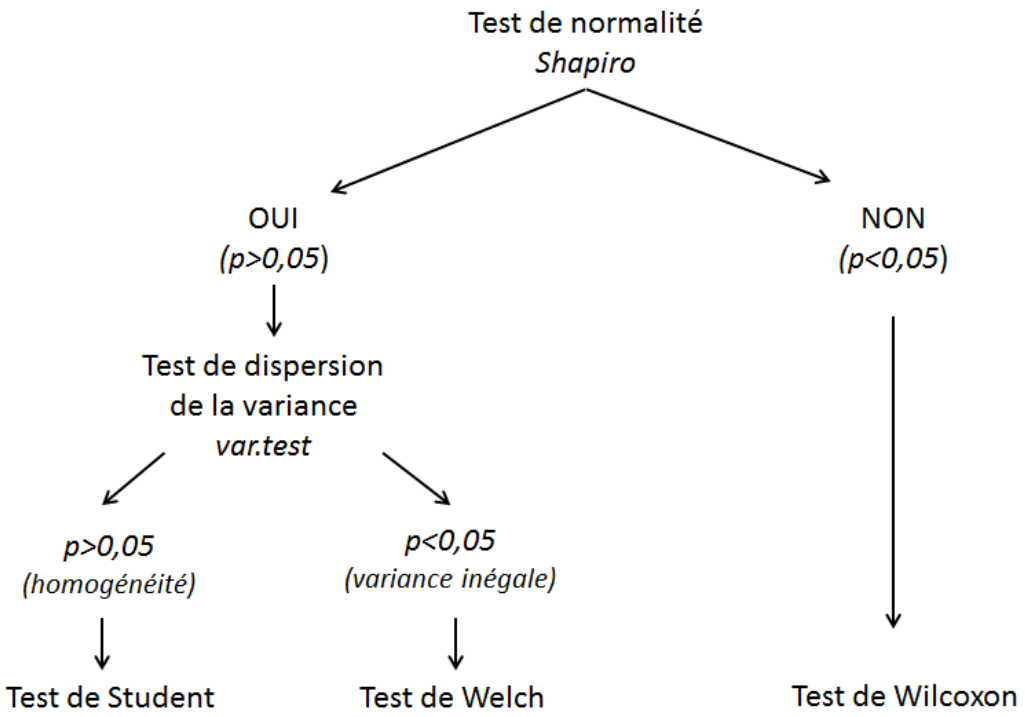
Tests de comparaisons

Pour les différentes modalités (2 modalités : témoin *vs* amendement organique), les variables mesurées (activités biologiques) sont testées avec un test de Shapiro afin de vérifier que les données suivent une loi normale :

- Si oui, un test de variance (homoscédasticité) « var test » permet de vérifier si les variances sont égales :
- Si ce test est validé, un test paramétrique de Student permet de tester si les moyennes sont significativement différentes ou non,
- Si les variances ne sont pas égales un test de Welch est appliqué (adaptation du test de Student lorsque les variances sont inégales).

- Lorsque les variables ne suivent pas de loi normale, le test non-paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney est appliqué afin de tester l'égalité des moyennes

Quel que soit le test utilisé (Student, Welch ou Wilcoxon), l'hypothèse H0 stipule qu'il n'y a pas de différence significative entre les modalités testées. Nous choisirons le seuil $\alpha = 0,05$ pour affirmer ou rejeter cette hypothèse. Si $\alpha < 0,05$, alors l'hypothèse H0 est rejetée, il y'a donc un effet de la modalité testée sur la variable mesurée.



Lorsque plusieurs modalités sont comparées (>2 modalités), nous utilisons une ANOVA afin de vérifier si les échantillons proviennent d'une même population (pas de différence entre les modalités) ou non. Un test *post-hoc* de Tukey permettra de comparer les modalités 2 à 2 (au seuil $\alpha = 0,05$).

Analyses factorielles

Les analyses factorielles permettent de visualiser les différentes variables étudiées selon des axes choisis représentant le maximum d'informations et voir comment elles s'organisent entre-elles. On pourra se rendre compte de celles qui sont corrélées entre elles (positivement ou négativement). Pour avoir le maximum d'informations retranscrit et faciliter les interprétations, on pourra supprimer les variables qui n'apportent que peu d'information dans le plan de représentation choisi. On peut également supprimer les variables corrélées entre-elles pour n'en garder qu'une, celle qui retranscrit le plus d'informations. Il faut être bien attentif au type d'analyse choisi selon les données (quantitatives, qualitatives, mixtes et/ou structurées).

Toutes les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel R version 2.15.1.

VULGARISATION ET TRANSFERT DES CONNAISSANCES

Une des priorités du programme RITA est la diffusion et vulgarisation des résultats des actions menées. Ainsi, nous avons principalement choisi de restituer les résultats des travaux sous forme de fiches afin de faciliter la recherche d'informations. De plus, durant les deux années de réalisation du programme RITA, des premiers résultats ont été partagés lors de journées techniques.

Participation à des journées techniques

Durant les deux ans de ce projet RITA, des premiers résultats ont été partagés lors de journées techniques :

- Le 12 septembre 2014 : atelier BRF organisé par le réseau REAGI (Réseau d'Echanges en AGro-écologie Intertropicale) chez Mr Carbo à Sinnamary avec formation théorique et pratique. Une vingtaine d'agriculteurs et de techniciens de groupement agricole étaient présents. Nous avons présenté et discuté des résultats préliminaires de l'action du BRF nos premiers essais.

- Le 20 novembre 2014 : atelier plante de couverture dans le cadre du réseau « recherche et développement » Ecophyto au lycée agricole de Matiti. 18 personnes présentes (principalement chercheurs et groupement agricoles). Nous avons présenté et discuté de nos premiers résultats sur l'essai *Canavalia* sous papayer de Javouhey.

- Le 16 janvier 2015 : livraison et démonstration de l'utilisation d'un broyeur à bois pour la fabrication de BRF sur la parcelle du CFPPA à Cacao avec la présence d'un technicien du CFPPA, un chercheur du CIRAD et 4 agriculteurs de la région. Le broyeur a été financé par le RITA dans l'action GUYAFER-MARBO. Cette rencontre a également été l'occasion de présenter sur place et de discuter de l'essai compost/*terra preta*/pratique habituelle (engrais chimiques)/solarisation en culture maraîchère d'aubergine avec les agriculteurs présents.

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS
PARCELLE DE
DEMONSTRATION
AGRICULTURES
& TERRITOIRES
SOLICAZ

Fiches techniques et fiches de synthèse.

Une des priorités du programme RITA étant la diffusion et vulgarisation des résultats des actions menées, nous avons principalement choisi de restituer les résultats des travaux sous forme de fiches afin de faciliter la recherche d'informations:

Pour l'action GUYAFER-DEFOR :

- Fiche de synthèse des types de sols mis en valeur en Guyane (ici),
- Fiche de synthèse des impacts du défrichement sur le sol et la culture (ici),
- Fiche technique sur la défriche à « impact réduit » incluant un volet sur le diagnostic de la fertilité des sols (ici) et un volet sur les préconisations (ici).

Pour l'action GUYAFER-MARBO et GUYAFER-ABB:

- Une fiche technique pour chaque amendement organique testé : BRF (ici), plantes de de services fixatrice d'azote (ici) (avec une fiche descriptive pour chaque espèce testée, ici), charbon (ici), compost (ici),
- Une fiche par expérimentation menée (lieu, type de culture, type d'amendement, protocole expérimental, type de sol, impact des amendements), voir Tableau 2 et Tableau 3.
- Une fiche de synthèse par type d'amendement regroupant les résultats des essais menés accompagné d'une discussion et de réflexions pour le RITA2 (BRF, plantes de couverture fixatrices d'azote en maraîchage et arboriculture, arbres fixateurs en jachère active, charbon, compost).

Indépendamment des différentes actions, une fiche technique sur les différents types de sol de Guyane est également restituée (ici).

Les différentes fiches sont disponibles sur la base de données GUY@GRI (http://www.ecofog.gf/giec/).

Fiches techniques et fiches de synthèse des impacts du défrichement

Fiche de synthèse des impacts du défrichement sur le sol et la culture

Les impacts du défrichement

2015

Fiche de synthèse (1)

La fertilité des sols guyanais tient à l'existence de la **végétation** qui renferme la majeure partie du carbone et des nutriments et permet un apport continu de minéraux grâce à un **cycle court** de décomposition des matières organiques. Le système en place est donc **extrêmement fragile**. Un défrichement, manuel ou mécanisé, brise ce cycle d'accumulation des résidus végétaux et a des impacts plus ou moins néfastes sur les propriétés agronomiques du sol déjà fragilisé. On recense 3 effets majeurs : le **tassement** du sol, le **décapage** de la couche humifère et l'**érosion**.

Tassement

Le passage répété des engins compacte le sol **en profondeur** et creuse des **ornières** à la surface. Les dommages sont encore plus importants sur sol humide.
En résulte la formation de couches profondes imperméables (= semelle de labour) qui font obstacle à l'**infiltration de l'eau** et à l'**enracinement**.

crédit photo: http://lamielleriedemagali.over-blog.com/

Ornières superficielles sur sol limoneux

crédit photo: http://aruellan.canalblog.com/

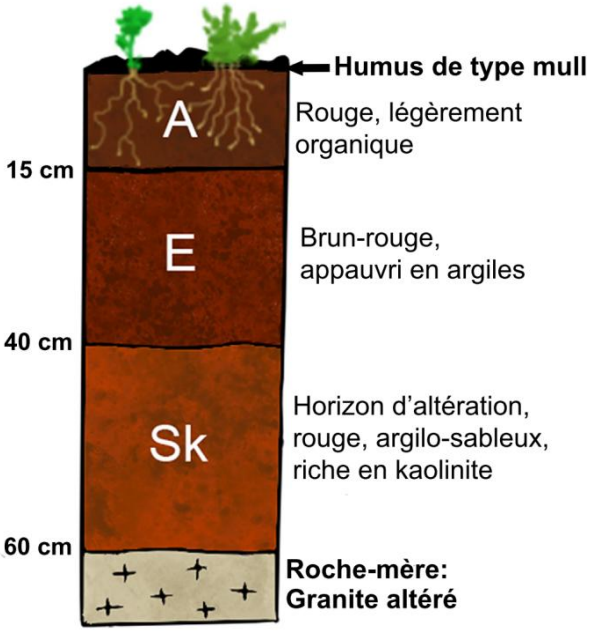
Horizons superficiels d'un sol ferrallitique compactés par le passage d'engins

Décapage

Les nutriments, éléments minéraux et matières organiques sont concentrés dans les **15 premiers cm** du sol (= la couche humifère). Lors d'un défrichement brutal, la terre superficielle est arrachée par les pneus ou les chenilles, ou bien raclée lorsque le bois est poussé ou tiré. Cette destruction de l'humus fertile augmente avec la **surface parcourue** par les engins.

Erosion

La canopée protège le sol de l'impact des gouttes de pluies tandis que le **réseau racinaire** agit comme un filet en maintenant la terre. La suppression de la végétation expose la surface du sol aux précipitations ; le tassement et la destruction de la couche humifère réduisent la **capacité de drainage** du sol et donc sa **capacité de rétention des eaux de pluies** et le rendent encore plus vulnérable aux phénomènes d'érosion.
Ceux-ci seront d'autant plus forts sur une pente élevée, un sol peu caillouteux ou laissé à nu : dès les premières pluies les éléments minéraux seront **lessivés** et les particules de sol emportées par **ruissellement**.



Horizons constitutifs du profil d'un sol ferrallitique lessivé en climat tropical sub-humide

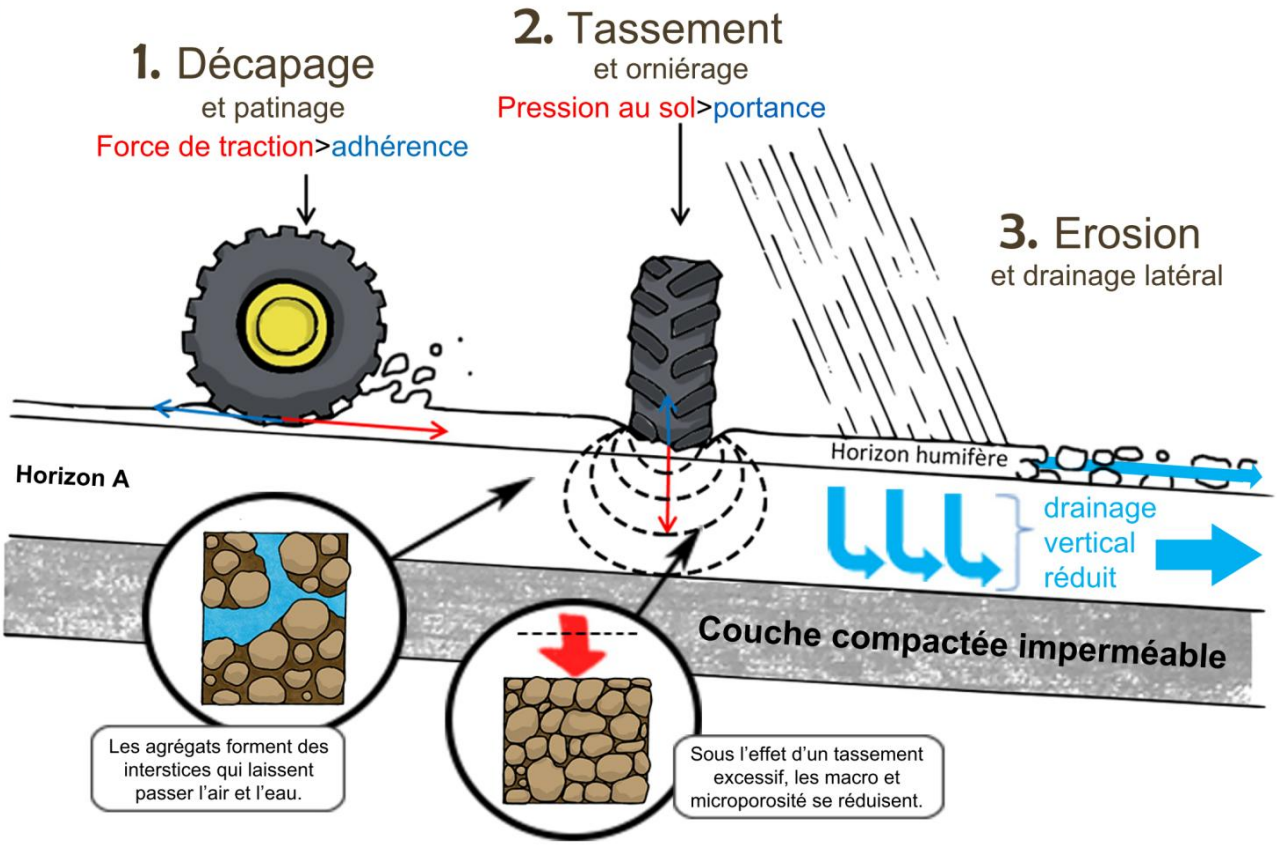
Contact: SOLICAZ info@solicaz.fr

Les impacts du défrichement

Le **tassement** et le **décapage** sont les conséquences **directes** d'un simple problème de mécanique qui met en opposition les forces exercées par les roues (pression, traction) et celles exercées par le sol (portance, adhérence): voir encadré.

L'intensité du phénomène d'**érosion** dépend davantage de facteurs externes tels que la pluviomérie, la pente et la structure du sol, non contrôlables directement mais que l'on peut compenser par des **techniques culturales adaptées.**

- Si la **force de traction** des roues est supérieure à l'**adhérence du sol**: le pneu patine et scalpe le sol en superficie.
- Si la **pression exercée** au sol par les roues est supérieure à la **portance du sol**: le pneu s'enfonce dans la terre jusqu'à ce qu'une situation d'équilibre soit retrouvée. Les roues s'enfonceront d'autant plus que le sol sera peu portant (limon, argile humide...) et l'engin lourdement chargé.
- **La portance et l'adhérence d'un sol diminuent quand son humidité augmente**.



Des impacts plus ou moins importants selon les caractéristiques du sol

La fertilité et la fragilité d'un sol dépendent de sa nature (ferrallitique, Podzol, sable...etc.) mais également de sa **texture** et de sa **structure**, elles-mêmes fonctions du taux d'argiles, de sables et de limons. Selon leur nature et leur **taux d'humidité**, les sols seront plus ou moins sensibles aux travaux de défrichement: les sols les plus fragiles sont les sols à dominante limoneuse avec une charge en cailloux faible.
Il est donc fondamental d'adapter les techniques de défriche en fonction du **type de sol** concerné.

Les impacts du défrichement

La perte de matière organique et la réduction de la capacité de stockage de l'eau s'accompagnent d'une **détérioration indirecte** de toutes les propriétés du sol: diminution de la stabilité structurale, augmentation de la densité, acidification du sol, réduction du stock de N, P et K…

Les conséquences à long terme au niveau de la **culture** sont bien connues : retard de croissance des plants, rendements à la baisse, carences, dépérissement des cultures sensibles à l'engorgement ou aux maladies parasitaires…

Un bouleversement de l'activité biologique

- La diminution de la porosité du sol prive les micro-organismes de dioxygène et provoque une **transformation** des **communautés bactériennes** du sol, favorisant les bactéries productrices de méthane et les bactéries dénitrifiantes.

- La perte de faune et de bactéries entraîne un **ralentissement de la décomposition** de la matière organique: moins d'éléments

Le schéma ci-dessous reprend et précise les principales conséquences du défrichement sur les propriétés du sol et ses impacts sur le développement de la culture.

Impacts du défrichement

- érosion hydrique et éolienne
- tassement du sol
- décapage de la couche humifère

Conséquences directes

Fertilité: physique	biologique	chimique
- arrachage du réseau racinaire - tassement en profondeur - semelle de labour (sols argileux) - engorgement - croûte de battance (sols limoneux) - mouillères (si dessouchage) - réduction de la porosité	Mort de la pédo-faune de surface (vers de terres, microfaune...)	- lixiviation des éléments minéraux - migration des argiles - perte de MO

Conséquences indirectes

Fertilité: physique	biologique	chimique	Effets sur la culture
- effondrement de la structure grumeleuse - déstructuration des agrégats	Modification des communautés bactériennes et perte d'activité biologique	- perte de fertilité chimique - hétérogénéité du sol - acidification du sol	- problème d'infiltration de l'eau - maladies parasitaires accrues - toxicité aluminique (pH<4,5)) - problème d'enracinement de surface - problème de disponibilité des éléments nutritifs

Fiche technique « défriche à impact réduit » : diagnostic sur la fertilité des sols

Défriche à impact réduit

Diagnostic de la fragilité du sol

2015

Fiche technique (1)

Les sols guyanais sont développés sur un socle naturellement acide et peu fertile. Cependant, les 15 premiers cm de sol concentrent la majorité du potentiel agronomique. Il est donc essentiel de préserver au maximum les couches superficielles du sol lors d'un défrichement agricole. Pour cela, il faut connaître les caractéristiques du terrain à défricher et notamment celles du sol, future base de vie pour les cultures. On peut ensuite établir un **diagnostic de la fragilité du sol** afin de déterminer s'il sera peu ou très sensible à un défrichement.

Connaître son terrain

Avant de se lancer dans une défriche, plusieurs critères sont à considérer:

- la dimension des arbres à abattre: une forêt secondaire composée de recrûs forestiers récents pourra être broyée à l'automoteur tandis qu'une forêt primaire nécessitera l'intervention d'engins lourds.
- la disponibilité des machines de défriche: ainsi que leur coût d'utilisation; tronçonneuses, pelles hydrauliques, bulldozers, broyeurs automoteurs et mobiles, matériel forestier.

*La **mesure 121 du PDRG** aide les agriculteurs à investir sur l'exploitation grâce à une prise en charge à hauteur de 40 à 75% des coûts du matériel/service selon le projet. L'aide est accordée **individuellement** pour le matériel agricole (tracteur, covercrop…) et les tronçonneuses. Une aide sur le matériel de TP (pelle, bulldozer) est accordée pour les **CUMA*** ou tout autre groupement à vocation agricole. Plus d'infos sur* http://pointinfoguyane.asp-public.fr/ptinfo96/?q=node/17

- les zones sensibles: les **zones humides** (mares, criques) doivent être protégées. Sur les terrains en forte pente, il est conseillé de conserver des bandes de forêt pour freiner l'érosion*.
- la nature du terrain: selon les caractéristiques du terrain défriché, toutes les mises en valeur ne seront pas possibles. Il est impératif d'évaluer si les potentialités du sol sont en accord avec le projet agricole envisagé. Il faut prendre en considération:

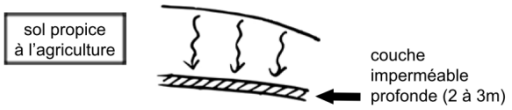
> *l 'engorgement du sol:* un sol **engorgé** sera toujours abîmé par les travaux de défriche et peu propice à la plupart des cultures (asphyxie des racines, ruissellement*...). Il est déconseillé de défricher un terrain engorgé en permanence.

> *la pente:* plus le terrain sera pentu, plus il s'érodera facilement. Au-delà d'une pente de **20%** une défriche mécanisée sera **difficile** mais un défrichement manuel est toujours possible.

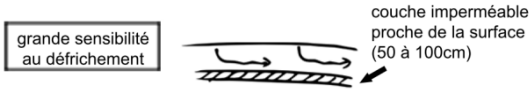
Au-delà de **30%** toute défriche (manuelle ou mécanisée) est **déconseillée** car l'implantation de cultures serait soumise à des contraintes importantes.

> *la profondeur du sol*: la qualité d'un sol réside surtout dans l'importance de sa **réserve en eau** et dans sa **capacité de drainage** qui dépendent de la profondeur du sol. Il existe 3 types de sol:

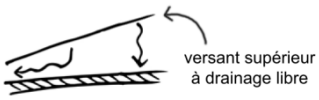
Sol à drainage vertical profond: réserve en eau suffisante pour faire face à la saison sèche et absorption de l'eau en excès lors de la saison humide.



Sol à drainage latéral superficiel: réserve en eau faible, ruissellement et lessivage* forts en saison des pluies.



Sol mixte:



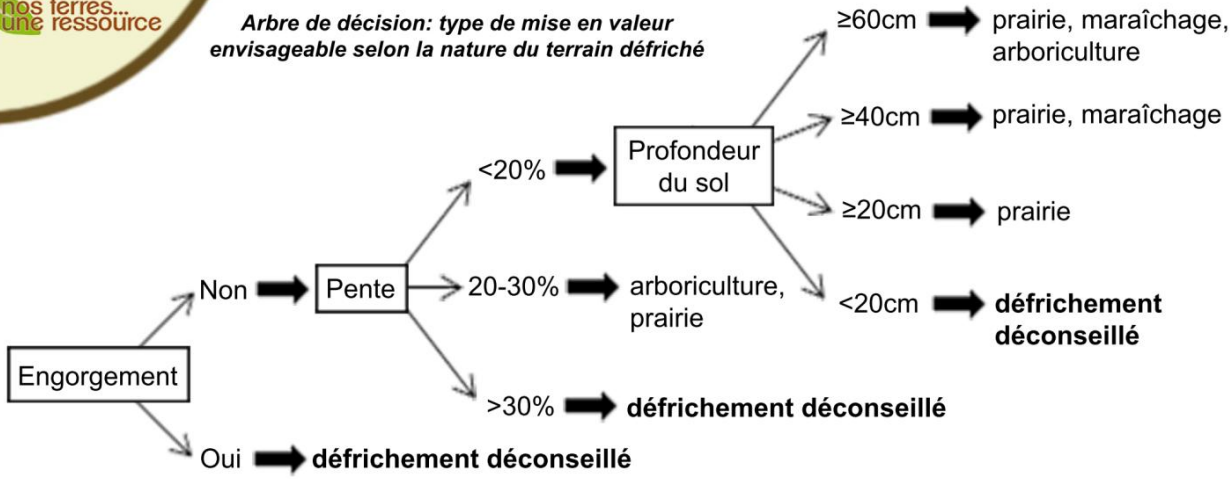
Préconisations environnementales

- une bande d'une largeur de 5 m minimum doit être conservée de part et d'autre des criques et cours d'eau (MAE F3 du PDRG).*
- les mares, points d'eau et marécages sont des zones à préserver.
- les zones sur sable blanc sont protégées et ne doivent pas être défrichées.

* voir glossaire

Contact: SOLICAZ info@solicaz.fr

Arbre de décision: type de mise en valeur envisageable selon la nature du terrain défriché



Diagnostiquer la fragilité du sol

Facteurs de sensibilité au tassement

Permanents:

- **texture**: les sols les plus fragiles sont les sols **limoneux** et **sablo-limoneux**. Les moins sensibles sont les sols sableux et les sols à forte piérosité (cf ci-dessous).

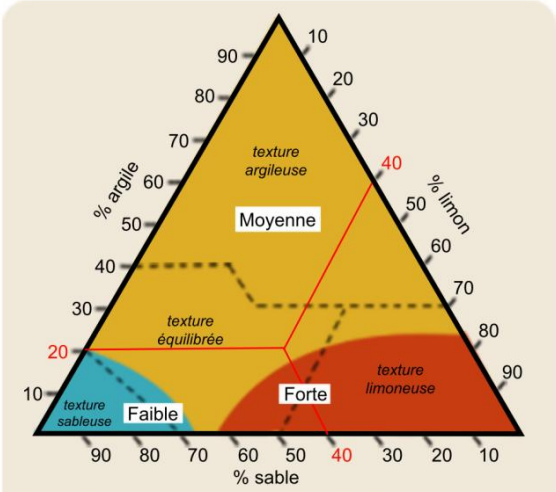
- **charge en cailloux**: teneur en éléments grossiers de diamètre>2mm. Un sol est considéré à forte piérosité (caillouteux) s'il contient plus de 50% d'éléments grossiers.

- **hydromorphie**: des traces couleur rouille témoignent d'une nappe qui remonte périodiquement et des traces grises traduisent l'existence d'une nappe permanente. Un sol est considéré comme hydromorphe si les traces couvrent plus de 10% de la surface de la carotte de sol extraite à la tarière.

Traces d'hydromorphie dans un sol argileux

crédit photo: Bleuenn ADAM

traces rouille et grises



Triangle des textures: vulnérabilité au tassement du sol selon sa texture

source: fiche technique Tassement du sol, ONF, 2009, mofidifé

Variables:

Le taux d'humidité du sol fait varier sa sensibilité au tassement : un sol est généralement d'autant plus vulnérable qu'il est humide (sauf pour les sols très sableux qui sont plus portants à l'état légèrement humide). Un sol sec sera toujours portant tandis qu'un sol engorgé sera sensible au passage des engins quelle que soit sa texture.

La période de commencement des opérations de défriche sera déterminée selon l'état d'humidité optimal du sol (sec ➞ frais ➞ humide):

- sol très sableux (>70% sable): **frais à humide**
- sol à dominante argileuse: **sec à frais**
- sol limoneux et sablo-limoneux: **très sec**

A savoir : 80 à 90% du tassement des horizons superficiels a lieu entre le **1er et le 3ème passage** d'engin: mieux vaut circuler plusieurs fois au même endroit que circuler partout pour diluer les passages.

Facteurs de sensibilité à l'érosion

- **texture et structure**: charge en particules grossières et composition en éléments fins (limons, argiles...).
- **climat**: durée et intensité des précipitations.
- **pente**: sa force influence la vitesse du ruissellement et donc la force avec laquelle les particules du sol vont être arrachées.

Facteurs aggravants: sol laissé à nu, sol tassé, travail du sol dans le sens de la pente, perte de matière organique qui favorise la destructuration du sol...

Le tableau ci-dessous présente les sensibilités des sols en fonction de leur texture.

Facteurs de sensibilité au décapage

Le décapage est l'arrachement de la **couche humifère** lors des manœuvres des engins ou par raclement du sol lors de la mise en andains. Une conduite **précautionneuse** des engins de défriche est nécessaire: pas d'accélérations brutales, herse relevée dans les virages, circulation rectiligne, nombre de manœuvres réduit.
L'idée est de conserver la **trame racinaire** qui retient et assure la cohésion des horizons superficiels.

Le meilleur moyen de réduire le décapage reste de **circuler le moins possible** sur la parcelle, au moyen de cloisonnements protégés par des rémanents.

Sensibilité du sol en fonction de sa texture et de son état

Texture:	Limoneuse et sablo-limoneuse	Argileuse	Très sableuse	Caillouteuse (charge en cailloux>50%)
Sol sec	portant	portant	fluent	portant
Sol humide	très sensible au tassement, structure fragile et pulvérulente*	formation de couches compactes et d'ornières	portant	portant
Sol laissé à nu	battance*, érosion et prise en masse	propice au ruissellement	très sensible au lessivage (faible capacité de rétention)	résistant à l'érosion

* voir glossaire

Sol à nu: fragilité et perte de fertilité

Laissé à nu, le sol est dans son état le plus vulnérable: battance, ruissellement, variations de température et érosion sont potentiellement responsables d'une **perte de fertilité** importante. Après défrichement, il est donc essentiel de protéger le sol durant la période précédant la mise en culture en semant une **plante de couverture** ou en épandant un **mulch**.

Glossaire

Battance : tendance d'un sol à se désagréger et à former une croûte de surface sous l'action de la pluie. La croûte de battance imperméable ainsi formée fait obstacle à l'infiltration d'eau, favorise le ruissellement et empêche une bonne germination.

CUMA : Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole

Erosion : processus de dégradation du relief et des roches causé par un agent externe (eau, vent, variations de température...)

Lessivage : transport par les eaux de drainage de particules argileuses, limoneuses ou d'ions contenus dans les couches supérieures du sol, vers des couches plus profondes.

MAE F3 : la Mesure Agro Environnementale F3 « Préservation de ripisylves » est incluse dans la mesure 214 sur les paiements agro-environnementaux, composante du Programme de Développement Rural de la Guyane.

Pulvérulent: décrit un sol granulaire dont les éléments ne présentent aucune cohésion.

Ruissellement : phénomène physique d'écoulement des eaux à la surface du sol qui entraîne des particules plus ou moins grosses selon la quantité d'eau en mouvement et la pente.

Bibliographie

ONF, 2009 - Guide PROSOL ; ONF, 2009 - FT Sensibilité du sol au tassement ; B. JABIOL & al, INRA - Sol sensible ou résistant, éléments simples de diagnostic de la sensibilité à la dégradation chimique ou physique ; D. MARTIN, 1973 - Les horizons supérieurs des sols ferrallitiques sous forêt et sous savane du Centre-Cameroun ; E. ROOSE, 1983 - Ruissellement et érosion avant et après défrichement en fonction du type de culture en Afrique occidentale ; J.M. GUEHL, 1984 - Dynamique de l'eau dans le sol en forêt humide guyanaise, influence de la couverture pédologique

Contact: SOLICAZ info@solicaz.fr

Fiche technique « défriche à impact réduit » : préconisations

Défriche à impact réduit

Préconisations

2015

Fiche technique 1

Le déboisement d'un terrain requiert une réflexion pré-défriche. Il est tout d'abord nécessaire d'établir un diagnostic de sensibilité du sol à défricher (voir Fiche *Défriche à impact réduit – Diagnostic de la fragilité du sol*). Les méthodes de défriche doivent ensuite être adaptées et réfléchies selon la fragilité du sol et le matériel disponible. Cette Fiche technique donne des **conseils et recommandations** sur la mise en place de cloisonnements, l'abattage et la valorisation des résidus de défriche.

Cloisonnements et passage des engins

Un sol diagnostiqué sensible demande des précautions lors du défrichement, surtout si celui-ci est mécanisé. Utilisés en exploitation forestière, les **cloisonnements** sont rarement mis en place sur un chantier de défriche agricole. Pourtant, la création d'un réseau de pistes temporaires est **le meilleur moyen** de préserver la majeure partie du terrain du tassement et du décapage.

Peu contraignant à mettre en place, ce réseau nécessite une **réflexion préalable** pour élaborer un schéma de circulation optimal: la surface de circulation doit être minimale.

source: ONF

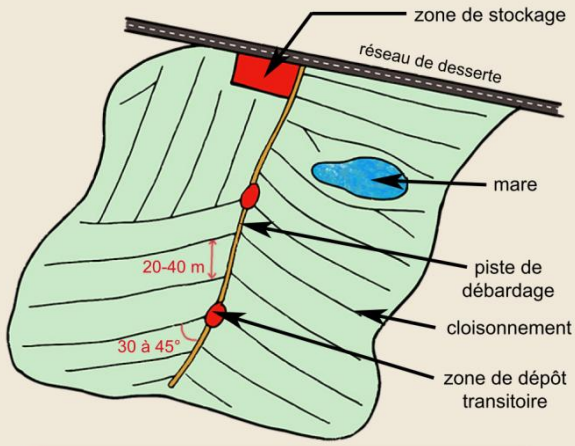
Piste de débardage permanente dédiée à l'exploitation forestière en forêt guyanaise

A savoir

80 à 90% du tassement des horizons superficiels a lieu entre le **1er et le 3ème passage** d'engin: mieux vaut circuler plusieurs fois au même endroit que circuler partout pour diluer les passages.

Quelles que soient les contraintes imposées par la parcelle, les consignes sont les suivantes:
- créer des pistes les plus **rectilignes** possibles
- éviter les **zones humides**
- laisser des **rémanents** (branchages, petits arbres, bois broyé) sur les pistes en couche épaisse (30 cm minimum)

Le réseau de circulation est constitué d'une piste principale (**piste de débardage**) qui permet d'acheminer le bois, s'il est évacué de la parcelle, vers une **zone de stockage**. Les **cloisonnements** (pistes de débusquage) permettent d'accéder aux arbres à abattre et de les entreposer dans des zones de dépôt transitoire avant **évacuation** ou **andainage**.



Réseau de pistes mis en place sur une parcelle à défricher avec évacuation du bois

Caractéristiques des cloisonnements

- largeur max: 4 m
- entre-axe: 20 m, 40 m sur sol sensible
- imbrication: angle de 30 à 45° par rapport à la piste principale (angle optimal pour les virages), en direction de la zone de stockage
- orientation: en arrêtes de poisson, orientées vers la zone de stockage principale.

Contact: SOLICAZ info@solicaz.fr

MATÉRIEL DE DÉFRICHE EMPLOYÉ

Pour de petites surfaces, l'emploi de la tronçonneuse est suffisant et moins coûteux. Sur de grandes surfaces, pour des raisons d'économie de temps et de carburant, le recours à une **défriche mécanisée** est de plus en plus commun, parfois au détriment de la préservation du sol. La plupart du temps sont utilisés des **engins de TP** (bulldozer et pelle hydraulique) ou **agricoles** (tracteur), et certaines entreprises de défriche emploient du **matériel spécialisé** (broyeur automoteur, abatteuse, skidder, porteur forestier...).

Sur **sol fragile ou humide**, il est recommandé d'utiliser des engins légers à **grande surface de contact**, de **réduire les charges** pour limiter le risque de patinage et d'équiper les chenilles/pneus de **mécanismes de protection du sol** (cf encadré).

Pelle VS Bulldozer

Pelle

- maniable
- travail précis et soigné
- moins lourd
- porte le bois

Bull

- coût plus faible
- travail rapide
- andains tassés
- élimine toute la végétation (y compris petits végétaux)

Pelle

- coût plus élevé
- travail plus lent
- andains moins bien tassés

Bull

- engin lourd
- peu maniable
- travail grosier
- racle le sol

➔ *Préférer la pelle au bulldozer dans la mesure du possible. Toujours progresser avec précautions : vitesse constante et trajectoire rectiligne, pas d'accélérations et décélérations brusques, herse/godet relevé(e) dans les virages.*

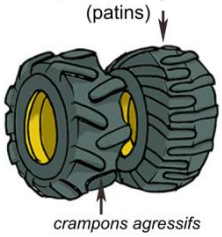
Mécanismes de protection du sol

Pneus à carcasse radiale

surface de contact supérieure

carcasse diagonale classique

Crampons peu agressifs (patins)

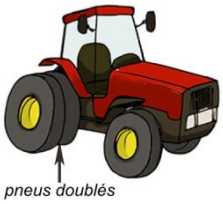


crampons agressifs

Tracks (semi-chenilles)

Choisir des tuiles larges qui augmentent la surface de contact et l'adhérence

Jumelage



pneus doublés

Bogies*

Essieux supplémentaires

Télégonflage*

...

* voir glossaire

Choix du type de roulement

Chenilles

Elles seront utilisées uniquement sur **sol peu cohérent** offrant **peu d'adhérence** (sol très sec à dominantes sableuse ou limoneuse) et où la progression avec pneumatiques est difficile (patinage). Les chenilles provoquent un cisaillement et un creusement des horizons superficiels, surtout dans les **virages**. Il faut donc les limiter au maximum. En pente, les chenilles et les tracks sont déconseillés car la circulation dans le sens de la pente entraîne un fort **scalpage** du sol.

Pneumatiques

Les engins sur pneus sont préférables sur les **sols durs et portants** de **cohésion moyenne**. Pour minimiser la compaction du sol, les pneus doivent être gonflés à la **pression minimale requise** indiquée sur la fiche technique des pneumatiques, en tenant compte de la charge exercée sur l'essieu : **la charge recommandée est de 6 tonnes/essieu, maximum 10 tonnes/essieu sur sol très sec.** Sur sol **fragile**, on choisira des **pneus larges et peu gonflés**, à condition de ne pas charger davantage l'engin.

VALORISATION DU SOUS-BOIS ET ABATTAGE

L'idéal est de mettre en place un réseau de cloisonnements recouverts de rémanents. Si ce n'est pas le cas, un très bon moyen de protéger le sol tout en facilitant le défrichement est d'**abattre le sous-bois** (végétaux et arbres de diam<20cm) avant la défriche et de **laisser les résidus au sol**: le paillage (mulch) ainsi constitué protégera le sol lors du passage des engins et de la manipulation des grumes. **Broyer** ces résidus apporte un double bénéfice: protection et fertilisation par les copeaux. Un matériel simple d'utilisation est une **pelle équipée d'un gyrobroyeur**.

crédit photo: CETIOM Guyane

Gyrobroyeur forestier, diamètre 1,5 m

Abattage

Il existe des techniques d'abattage moins dommageables pour le sol, applicables selon la nature de la végétation à défricher :

- **Pour végétation primaire**: les gros arbres (diam>40cm) sont coupés à la tronçonneuse et entraînent les petits arbres dans leur chute ; réduit le nombre de manoeuvres. Attention au contrôle de la trajectoire de chute.

- **Pour végétation secondaire** et repousses récentes types bois canon: une grume est poussée en roulant devant le bulldozer/broyeur ; les petits arbres sont écrasés et constituent un lit de végétation protecteur sur lequel progresse l'engin.

crédit photo : http://agrichampsaur.skyrock.com/

Broyeur Plaisance

Une parcelle de recrûs forestiers récents peut être défrichée au **broyeur automoteur** : le bois, abattu et directement transformé en copeaux grossiers par le même engin, forme un paillage qu'il faut **homogénéiser** après passage du broyeur pour éviter les tas et les zones à nu. De plus, attention à l'**épaisseur du paillis** : un paillis très épais mettra trop de temps à se décomposer et mobilisera une grande quantité d'azote qui ne sera plus disponible pour les cultures (cf Fiche technique BRF). Le sol ainsi couvert sera **protégé de l'érosion** et bénéficiera d'un **apport de matière organique**.

MISE EN ANDAINS ET DÉBARDAGE

Andainage

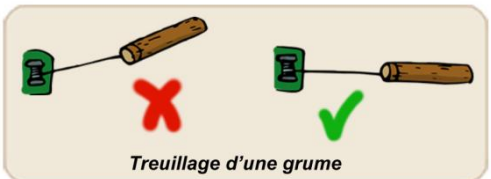
La **mise en andains** est une étape délicate et souvent très dommageable pour le sol surtout si elle est effectuée au bulldozer par **raclage** du sol, ce qui arrache la majeure partie de l'horizon humifère. Andainer à la **pelle**, en soulevant le bois au lieu de le pousser, réduit considérablement les dégâts causés au sol. De plus, un andainage **tous les 40 m** permet de restreindre le nombre de manœuvres et la surface de circulation.

Evacuation du bois

Une récupération du bois par évacuation des grumes peut présenter des intérêts multiples (revenus supplémentaires par vente de bois énergie, brûlis non nécessaire…). Dans ce cas, la création d'un réseau de pistes est une condition nécessaire pour **optimiser les déplacements** des engins.

Ces pistes serviront au **débusquage** et au **débardage** des grumes.

Débusquage: *récupération de la grume depuis le lieu d'abattage jusqu'au bord de piste;*
- treuiller en ligne droite les arbres abattus jusqu'au cloisonnement : la grume, le câble et le treuil doivent être alignés.



Treuillage d'une grume

Débardage: *transport de la grume du bord de piste à la zone de stockage;*
- billonner les grumes sur place pour limiter les impacts du traînage.
- transporter le bois en le portant plutôt qu'en le traînant.
- sur sol sensible, charger l'engin de débardage (remorque, porteur…) en dessous de sa capacité maximale de transport (charge à l'essieu max : 6t/essieu).

■ VALORISATION DES RÉSIDUS DE DÉFRICHE

Rémanents: les houppiers, branches et écorces qui restent sur le parterre de coupe après défrichement sont les parties de l'arbre les plus **riches en minéraux**. C'est pourquoi il faut faire en sorte de **restituer** une partie de ces éléments minéraux au sol. Le **brûlis** et le **broyage** sont deux moyens d'enrichir le sol en minéraux, mais leur apport en carbone n'est pas équivalent (cf encadré «*A savoir*»).

Tableau comparatif: avantages et inconvénients du brûlis et du broyage des rémanents

	BRÛLIS	BROYAGE
Avantages	- disparition rapide du bois - enrichissement immédiat du sol et effet chaulage - destruction de certains adventices et pathogènes - solution la plus facile et la moins coûteuse (pas besoin de matériel spécialisé) - limite l'utilisation d'intrants les 2 premières années	- mulch protecteur (érosion, soleil, vent) - apport graduel de MO* par décomposition lente - garde l'humidité - freine le développement des adventices et la propagation des maladies fongiques - limite l'endommagement du matériel agricole - permet un auto-entretien de la fertilité de la parcelle et limite le temps de jachère
Inconvénients	- dépendance du climat et des précipitations - apport de minéraux limité à la zone de l'andain - enrichissement temporaire du sol : minéraux rapidement lessivés (sol à nu autour des andains) - destruction de la macrofaune dans les premiers cm du sol - perte de carbone dans l'atmosphère lors de la combustion - parcelle rapidement recolonisée par les adventices - sans jachère, pas de renouvellement de la fertilité	- solution plus coûteuse (matériel spécialisé) - peut être à l'origine d'un déficit d'azote pour les cultures - enrichissement lent du sol - nécessite l'utilisation d'intrants la 1ère année

* voir glossaire

A SAVOIR

70% du carbone est stocké dans la biomasse aérienne de la forêt et 30% seulement dans le sol. Lors de la combustion du bois, 98% du carbone stocké dans le bois est libéré dans l'atmosphère et définitivement perdu. Le brûlis, s'il est à l'origine d'un effet chaulage, ne permet donc pas un apport en matières carbonées efficace. Au contraire, un mulch apporte une quantité supérieure de carbone par décomposition du bois et contribue à l'amélioration de la structure du sol.

Dessouchage

Après un défrichement manuel, les souches restent en terre. Il existe plusieurs façons de les traiter.

L'opération de dessouchage en elle-même abîme fortement le sol: elle nécessite une intervention mécanisée supplémentaire et détruit les couches superficielles du sol sur l'ensemble de la zone occupée par la souche. A l'heure actuelle, le dessouchage est généralement systématique et effectué immédiatement après la défriche.

Pourtant, les souches jouent un rôle intéressant si elles sont laissées en terre : leur décomposition est source de matière organique, leur réseau racinaire retient le sol, surtout sur un terrain en pente, et le maintien de bois au sol favorise la recolonisation par une faune diversifiée.
Il est conseillé d'éviter le dessouchage si le type de culture prévu le permet.

- **Agriculture très mécanisée** (travail du sol profond sur toute la parcelle) :
  Les souches peuvent endommager le matériel : dessouchage nécessaire. Des précautions simples comme **secouer la souche** une fois celle-ci retirée pour en faire tomber la terre peuvent permettre de récupérer une partie du sol superficiel. Dans tous les cas, les trous doivent être rebouchés de préférence avec de la terre humifère, dans un délais court.

- **Agriculture peu mécanisée** (travail du sol peu profond) :
  La mécanisation est partielle et ne couvre pas toute la surface du terrain, ou les engins utilisés sont petits et maniables. C'est parfois le cas en **arboriculture** ou en **maraîchage**. Il est possible de laisser les souches en terre et de les contourner ou bien de les **broyer** (à l'aide d'une rogneuse) sur quelques centimètres pour permettre un travail superficiel du sol.
  Un **dessouchage progressif** peut être également réalisé : au cours des années suivant le défrichement, les souches **décomposées** seront plus faciles à retirer et ne nécessiteront pas d'intervention mécanisée lourde.

- **Agriculture non mécanisée** (prairie semée manuellement, terrain en pente …) :
  Sur un pâturage, les souches peuvent constituer des **abris pour le bétail.** Sur un terrain en pente ou toute mécanisation est difficile, les souches **retiendront le sol**.

Glossaire

Bogie : châssis portant des roues, mobile par rapport au châssis du véhicule sur lequel il est fixé, qui permet une meilleure répartition de la charge.

MO : Matière Organique

Télégonflage : système qui permet d'adapter la pression des pneus selon le milieu dans lequel évolue l'engin (sur route ou parcelle, sol portant ou meuble).

Crédit photo: Bleuenn ADAM

BIBLIOGRAPHIE

ONF, 2009 - Guide PROSOL ; M-A. DE PAUL et M. BAILLY, 2005 - A propos de la pression exercée par les pneus, chenilles et sabots ; ONF, 2009 - FT Sensibilité du sol au tassement ; B. JABIOL & al, INRA - Sol sensible ou résistant, éléments simples de diagnostic de la sensibilité à la dégradation chimique ou physique ; D. MARTIN, 1973 - Les horizons supérieurs des sols ferrallitiques sous forêt et sous savane du Centre-Cameroun ; E. ROOSE, 1983 - Ruissellement et érosion avant et après défrichement en fonction du type de culture en Afrique occidentale ; Projet FEDER, 2014 - Coupes expérimentales de bois énergie ; J.M. GUEHL, 1984 - Dynamique de l'eau dans le sol en forêt humide guyanaise, influence de la couverture pédologique

Fiche de synthèse des types de sols mis en valeur en Guyane

Types de sols rencontrés en Guyane et difficultés rencontrées pour leur mise en valeur agricole

Zone pédologique	Type de sol rencontré	Principales caractéristiques	Éléments de reconnaissance	Principaux obstacles à la mise en valeur
Terres basses	Sol salé	Sols régulièrement submergés par l'eau de mer. Sels sous forme de sulfates et de chlorures.	Sols recouverts à marée haute et sols de mangroves à palétuviers.	- Dessalement par irrigation/drainage nécessaire - Développement lent de la structure du sol
	Sol sulfaté	Soufre présent sous forme de pyrite : son oxydation produit de la jarosite, à l'origine de l'acidification du sol.	Au niveau des estuaires ou et des mangroves à palétuviers. Tâches de jarosite jaune pâle.	-Toxicité des produits d'oxydation du soufre - Affaissement du sol après drainage
	Sol à Pégasse	Meilleurs sols de la plaine côtière récente	Couche de tourbe brun-rouge , reposant directement sur un horizon argileux	- La Pégasse doit être incorporée aux argiles marines - Selon l'épaisseur, cultures pas toutes réalisables
Plaine côtière ancienne	Sol sableux des savanes		Sol clair, texture sableuse	- Pauvreté chimique - Sensibilité à la battance - sensibilité au tassement et à l'érosion
	Sol hydromorphe	Engorgement temporaire ou permanent d'une partie ou de la totalité du profil	Zones fréquemment sujettes à l'engorgement. Taches grises ou ocre (Fer oxydé et réduit) visibles plus ou moins profondément	- Engorgement - Humus de type tourbe chez les sols hydromorphes organiques
	Podzol	- Humus de type Mor sur roche-mère sableuse drainante - Horizon A blanc éluvial lessivé en argiles et fer - Horizon B d'illuviation avec teneur élevée en sesquioxydes de Fe et d'Al - Altération poussée des silicates par les acides fulviques	Humus de type Mor (minéralisation lente) : présence d'éléments non dégradés (feuilles, brindilles…) Horizon superficiel lessivé blanc, horizon cendreux en profondeur.	- Faibles à très faibles réserves chimiques, surtout si sol peu profond (<50cm) - Sol acide - Faible productivité
Terres hautes	Sol ferralitique	- altération totale des minéraux primaires - sols acides à très acides lessivés	Sol de couleur jaune à rouge (oxydes de fer)	- Fertilité chimique concentrée dans la couche humifère - Structure fragile (cuirasses d'érosion) - Toxicité aluminique et blocage du Phosphore

!

FICHE DE SYNTHESE : analyses physico-chimiques des sols prélevés dans le cadre du projet GUYAFER

Introduction

Cette analyse vise à décrire de façon synthétique les caractéristiques physico-chimiques des sols où ont été faites les mesures biologiques pour les classer en fonction :

- des situations géographiques,
- des cultures qui y sont pratiquées et la déforestation,
- des apports d'amendements organiques.

L'origine des échantillons

Les mesures physico-chimiques des sols ont été faites sur des échantillons de sols prélevés sur les essais préparés par différents partenaires (organisations professionnelles, CFPPA, DAAF, CIRAD, agriculteurs) et suivis par SOLICAZ dans le cadre du programme GUYAFER-MARBO. Ces sols représentent une grande diversité des situations de la Guyane. Les traitements de ces parcelles (culture, plantes de couverture, intervalles « apport amendement organiques- prélèvement de sols ») présentent aussi une grande diversité.

Les prélèvements proviennent de sites de l'est à l'ouest de la Guyane, en zone littorale :

- Mana, en jachère, Ouest
- Javouhey, en zones de culture, Ouest
- Corossony, en zone de culture, Centre
- Sinnamary, en zone de culture, Centre
- Wayabo, après déforestation récente, Centre
- Matiti en zones de cultures, Centre
- Montsinéry, 1ere culture après déforestation, Est,
- Cacao, 1ere culture, après déforestation, Est

Les essais ont plusieurs cultures différentes plantes support :

- Des agrumes, prélèvement fait au début de la culture d'espèces de couvertures vivantes (environ 6 semaines) sur une plantation de 5 ans (1 essai)
- De l'ananas, avec aussi des applications d'engrais de fond, et d'amendement organique importé (Angibaud) des intervalles entre application (BRF) et prélèvements de 30 à 150 jours (2 essais)
- Papayer avec des prélèvements à T0 mais 270 jours après l'implantation, et des apports d'engrais minéraux
- Solanacées, aubergine (ainsi qu'aubergine amère) (4 essais) avec des prélèvements (3) le jour de de l'application à T0 et un en T1 à 180 jours
- Choux pommés (2), concombre (3), giraumon (1) entre 0 et 7 jours après l'application en T0
- Gombo puis patate douce en T1 avec prélèvement à 180 jours
- Piment aubergine amère et chou de chine, en T1 à 240 jours (2)
- Taro en T1 à 180 jours
- Jachère active

Les cultures (Cul) ont été réparties en 4 classes : (1) cultures fruitières (papayer, ananas), (2) cultures maraîchères (aubergine, concombre, gombo, aubergine amère, piment), (3) tubercules (taro), (4) jachère. Cette numérotation a été reprise dans les analyses statistiques.

Les intervalles (Int) variables entre les apports de matière organiques et les mesures physico-chimiques de 0 à 270 jours. On peut considérer, deux classes, les mesures faites entre 0 et 30 jours après l'apport de matière organique et celles faites entre 120 à 270 jours après l'apport de matière organique.

Quatre types d'apport de matière organique (Amd) sont faits :

- les plantes de couvertures (1) : 1 essai en verger d'agrumes, + 2 Montsinéry sur cultures maraîchères + 1 Matiti sur cultures maraîchères/ vivrière + 4 sur papayers à Javouhey + 3 avec Inga à Mana
- Le BRF (2) : 2 essais ananas + 5 essais cultures maraîchères,
- Le compost (3), uniquement à Cacao sur concombre, puis sur aubergine
- Le charbon de bois (4) : 5 essais sur aubergines et choux pommés, 1 à Cacao

Une analyse d'amendement organique a été faite sur le compost utilisé à Cacao : tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques de l'amendement organique appliquée à Cacao

Amendement	Matière organique	Azote total	Rapport C/N	Phosphore total	Potassium total	Calcium
Compost Cacao	77,9%	0,933%	41	0,141%	0,058%	6,47%

Le compost de Cacao comprend des éléments du centre de traitement des déchets verts de Matoury (à côté de Cayenne) et des déchets de scierie. Le produit n'est pas bien dégradé et apporte peu d'éléments fertilisants.

Les essais comparant les différents apports de fertilisants sont récapitulés dans le tableau 2. Cependant, les doses d'engrais minéral et de chaux ne sont pas connues. Dans certains essais, les apports des amendements organiques ont été mesurés.

Essai Cacao : calcaire broyé 130 g/m et 260 g/m sur le rang soit environ 2 t/ha et 3,9 t/ha ; fumier sous forme de granulé à 240 g/m et 480 g/m sur le rang soit environ 3,6 t/ha et 7,2 t/ha ; charbon de bois à 2 kg/m² sur le billon, soit 1,3 kg/m² par rapport à la surface billon + passe-pied.

La dose de charbon de bois est celle appliquée dans tous les essais suivis par SOLICAZ.

Tableau 2. Caractères principaux des essais dont les sols ont été analysés t/ha

Lieu (nombre d'échantillons)	**Culture**	**Date de prélèvement**	**Amendement organique testé**	**Autres amendements organiques**	**Engrais minéral**	**Chaux** (Nc : non-communiqué)
Mana (3)	Jachère active	T0	*Inga sp.* + *Clitoria sp.*			
Matiti (1)	Chou pommé	T0	*Crotalaria juncea*	Fumier de bovins	Oui	Oui

Lieu (nombre d'échantillons)	Culture	Date de prélèvement	Amendement organique testé	Autres amendements organiques	Engrais minéral	Chaux (Nc : non-communiqué)
Matiti (1)	Chou pommé	T0	Charbon de bois	Légumineuses + Fumier de bovins	Oui	Oui
Matiti (1)	Gombo puis patate douce	T1	BRF	Fumier de bovins	Oui	Non
Matiti (1)	Aubergine amère	T1	*Crotalaria spectabilis*	non	Oui	non
Javouhey (4)	Papayer	T0	*Canavalia ensiformis*	-	Oui	Nc
Javouhey (1)	Agrumes	T0	Diverses plantes de couvertures	Non	Oui	Nc
Javouhey (1)	Taro	T1	BRF	Litière de volailles	Non	Non
Javouhey (2)	Piment, aubergine	T1	BRF	Vegedor	Oui	Nc
Wayabo (1)	Ananas	T0	BRF	Angibaud	Oui	Nc
Sinnamary (1)	Giraumon	T0	BRF	Compost avec fumier	Oui	Oui
Montsinéry (2)	Aubergine	T0	Charbon de bois	Litière forestière ou non	Oui	Non

Lieu (nombre d'échantillons)	Culture	Date de prélèvement	Amendement organique testé	Autres amendements organiques	Engrais minéral	Chaux (Nc : non-communiqué)
Montsinéry (2)	Aubergine	T0	*Crotalaria spectabilis*	Litière forestière ou non	oui	Non
Corossony (1)	Ananas	T0	BRF	Angibaud	oui	Nc
Cacao (1)	Concombre	T0	Compost	Non	oui	Nc
Cacao (1)	Aubergine	T0	Charbon de bois	Non	oui	Nc

Les travaux qui ont étudié le stock de carbone dans le sol après déforestation montrent un arrière-effet de la forêt au moins les 10 premières années après la déforestation. Cependant, suite aux visites, je propose de séparer les parcelles en celles avec une déforestation récente (moins de 3 ans) et les autres. Tous les essais ont été placés dans l'une des 4 combinaisons possibles, dans le tableau 3 : « durée après déforestation » x « intervalle date apport matière organique – prélèvement pour analyses ». Le nombre entre parenthèses indique le numéro de l'essai.

Tableau 3. Répartition des essais en fonction de l'intervalle de temps entre l'apport de l'amendement organique et le prélèvement analysé et la déforestation

	Temps après déforestation – court	Temps après déforestation – supérieur à 3 ans
Prélèvement au jour de l'application de la matière organique ou jusqu'à 30 jours	**« A »** Cacao (2, 14), Montsinéry (3, 4), Mana (30, 31, 32)	**« C »** Javouhey, Sinnamary (16), Matiti (6, 12)
Prélèvement plus de 30 jours après l'application de l'amendement organique	**« B »** Wayabo (5), Corossony (1), Mana	**« D »** Matiti (8), Javouhey (9, 10, 11, 15)

De nombreux prélèvements de sols ont été faits après apport d'engrais minéraux pour la culture support. Un certain nombre de prélèvements ont été faits avant la culture (T0), d'autres à la fin de la culture (T1). Les conditions de réalisation de chaque essai sont donc variables. Nous proposons de faire donc une présentation globale des analyses faites dans ces essais, et de voir les variables influant sur la diversité des analyses.

Importance relative des variables

Une première analyse en composantes principales reprenant les mesures physico-chimiques des sols et les caractéristiques des essais, soit 22 observations par prélèvement. L'ensemble de la variation prise en compte suivant les deux axes principaux est de 56,68%.

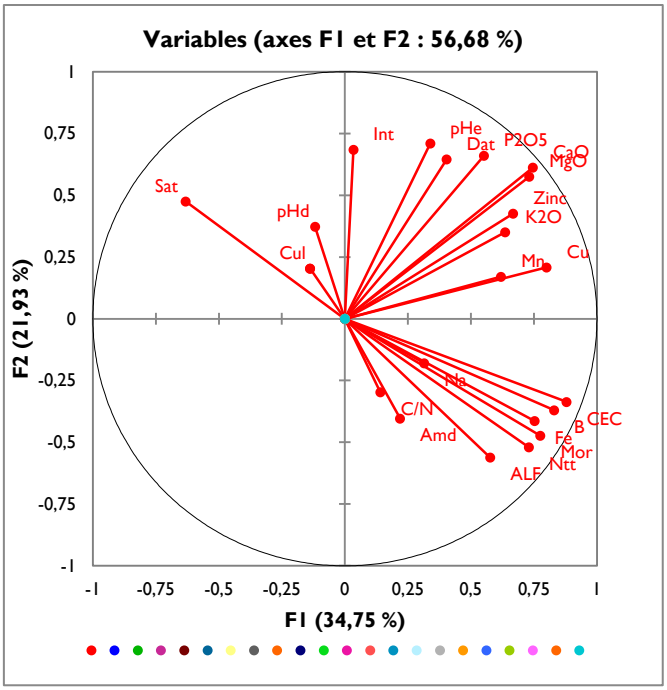


Figure 1. Analyse en composantes principales sur caractéristiques des cultures et analyses physico-chimiques sur 25 échantillons de sols

Alf : somme argiles + limons fins (%) ; Amd : type de matière organique apportée ; Cul : culture de l'essai ; C/N ; Dat : numéro du cycle de culture suivi ; Int : intervalle entre apport de matière organique et prélèvement ; Mor : taux matière organique (g/kg) ; Sat : sables fins + sables grossiers (%) ; Ntt : azote total ; Phe : pHeau ; pHd : différence Ph eau – pH KCl ; CEC : capacité d'échange cationique (meq/100g); CaO (g/kg) ; P2O5 Olsen (g/kg); K2O (g/kg) ; MgO (g/kg); Cu EDTA (mg/kg); Zinc EDTA (mg/kg); Mn EDTA (mg/kg) ; Fe EDTA (mg/kg) ; B : Bore soluble ; Na : Na2O (g/kg).

Une deuxième analyse est faite en ne retenant qu'une variable parmi les variables fortement corrélées, et en éliminant les variables qui contribuent peu aux axes principaux.

Les variables qui contribuent le plus à l'axe F1 sont : ALf (0,333), Mor (0,601), Sat (0,399), Ntt (0.533), CEC (0,773), CaO (0,556), K2O (0,404), MgO (0,535) et les oligo-éléments Cu, Zinc, Mn, Fe et B. Pour l'axe F2, ce sont Dat (0,416), Int (0,468), pHe (0,504) et P2O5 (0,436). Les valeurs entre parenthèses sont les cosinus carrés des variables dans l'analyse ACP de type Pearson.

On élimine ainsi les variables : cultures, pHd, C/N, Na, Mn

La variable pHe étant fortement corrélée avec : Dat (0,500), CaO (0,725), P2O5 (0,752), MgO (0,704) et Zinc (0,509), on ne retient que la variable pHe. La variable ALf étant fortement corrélée avec la CEC (0,703) et Fe (0,626) et B (0,575), on ne garde que ALf. Elle et très fortement corrélée négativement avec les sables totaux. De même, ALf est très corrélé avec Ntt (0,617) et Mor (0,628), nous ne retenons que ALf.

La variable Int qui mesure la durée entre les dates d'application de la matière organique et de prélèvement du sol, qui correspond à une contrainte du projet n'est pas prise en compte. La variable Cu apparait très proche de la variable K2O dans les ACP visant à choisir les variables les plus pertinentes. Nous ne retenons que le potassium.

On aboutit au choix des variables : texture, représentées par les sables totaux et argile + limons fins, et le potassium. Les deux axes obtenus représentent 88,72.% de la variation totale.

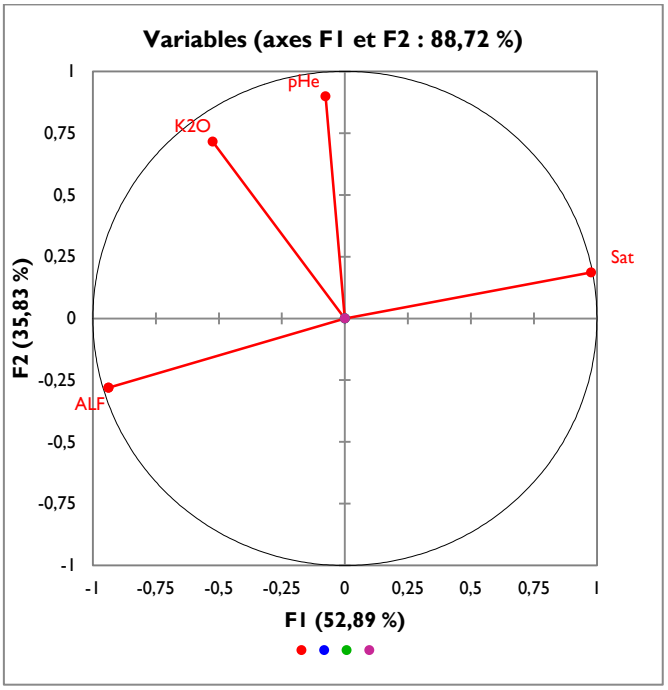


Figure 2. Analyse en composantes principales avec les 4 variables retenues : texture (ALf, Sat), pH, K2O

Texture

Les sols ont été classés suivant leurs teneurs en « argile + limons fins » et « sables totaux » (sables fins + sables grossiers. La teneur « argiles + limons fins » (ALF) qui varie de 64,6% à 1,2%. Les teneurs en sables totaux (sables fins + sables grossiers) varient évidemment en sens inverse.

Les échantillons de Cacao (Ca), Corossony (Co) sont de texture argileuse (3 au total) avec des teneurs en « argile+ limons fins » supérieurs à 50 %. Un échantillon est considéré de texture argilo-sableuse à Javouhey (Ja) (bas de parcelles) : 44,3 % « argile+ limons fins » et 34 % de sables totaux. Ensuite, 5 échantillons sont de texture sablo-argileux à Montsinéry (Mn) (4 échantillons) et Javouhey (1) avec des teneurs en « argile+ limons fins » de 22,3 à 34,8% alors que les sables totaux varient de 58,0 à 61,4%. Enfin, 16 échantillons sont de type sableux avec des teneurs en sables totaux de 68,60 à 97,5%, essentiellement dans l'ouest (Javouhey, Mana (Ma), Matiti (Mt)). Lorsque les teneurs en sables sont supérieures à 90% (2 cas à Mana et 1 à Javouhey), les sols sont quasiment du sable pur.

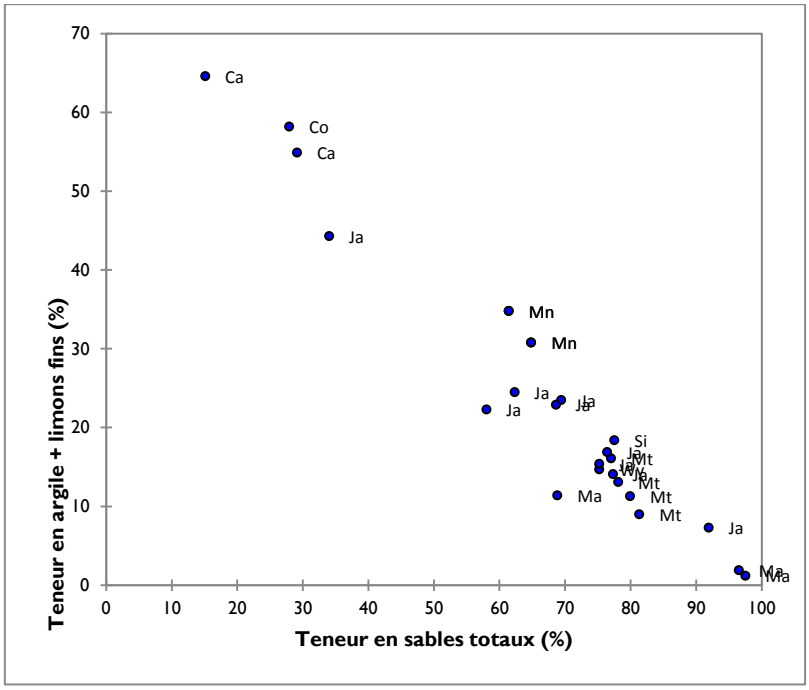


Figure 3. Répartition des 26 prélèvements en fonction de la teneur en argiles + limons fins et des sables totaux

La carte (figure 3) permet de localiser les différents types de sols suivant leur texture dans la zone littorale de Guyane. Les prélèvements, indiqués par leurs lieux d'origine, sont représentés dans la figure 1, classés suivant leurs teneurs en « argiles + limons fins » et « sables totaux ». Au total, il y a donc une grande variété dans la texture des sols cultivés et étudiés dans ce projet.

Figure 4. Répartition géographique des prélèvements de sols et de leur texture [a]

★ Sols argileux : teneurs en argile + limons fins > 50%

★ Sols argilo-sableux : teneurs en argile + limons fins de 30 à 49%, en sables totaux <65%

★ Sols sablo-argileux teneur en argile + limons fins de 20 à 29%, en sables totaux < 65%

★ Sols sableux : teneur en sables totaux > 65%

[a] Une étoile peut représenter plusieurs prélèvements.

Matière organique et azote

Globalement, les teneurs en matière organique de tous ces sols cultivés sont moyennes (entre 10 et 20 g/kg). Les teneurs en matière organique (Mor) sont très liées à la proportion d'argile et de limons fins (variables ALf) comme on le voit sur le graphique de la figure 5 et sa courbe de tendance. Les taux d'azote des sols des parcelles varient entre 2,4 pour mille et 0,05. Ce dernier résultat signifie que certaines parcelles n'ont pratiquement pas d'azote. Or, l'azote est l'élément le plus important du sol qui permet la constitution de la matière végétale. Un amendement azoté s'avère nécessaire, soit par l'apport d'engrais, soit par apport de matière organique riche en azote (fumier, plantes fixatrices) comme nous cherchons à le préconiser à travers le programme RITA.

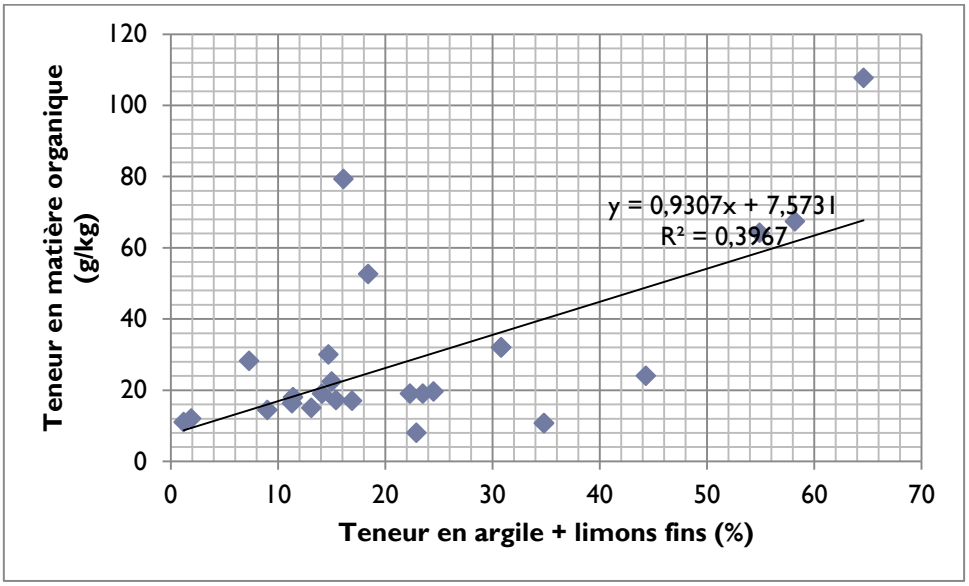


Figure 5. Taux de matière organique en fonction du pourcentage d'argiles + limons fins

A Montsinéry, les échantillons ont été prélevés sur des billons confectionnés à la pelle mécanique et en partie recouverts de litière forestière mise de côté à la déforestation. C'est une zone observée dans un délai très court après déforestation. Deux valeurs sont relativement faibles (10,7 g/kg), lorsque le sol n'a pas été recouvert de litière forestière, et deux valeurs ont beaucoup plus élevées (32 g/kg) quand il y a eu apport de litière forestière à Montsinéry. Les valeurs ont particulièrement élevées chez M. Carbo à Sinnamary (52,6 g/kg) qui pratique des apports de BRF chaque année en saison sèche, depuis de nombreuses années ainsi que sur une parcelle du lycée agricole de Matiti après un cycle de crotalaires sur des parcelles cultivées sous abri plastique en T1 (79,3 g/kg).

Tableau 4. Moyenne C/N et teneurs en matière organique des sols en fonction de la période de collecte de l'échantillon et de la période après déforestation

	Temps après déforestation – court	Temps après déforestation – supérieur à 3 ans
Prélèvement au jour de l'application de la matière organique ou jusqu'à 30 jours	**« A »** (6 mesures) C/ N : 17,9 Mat org (g/kg) : 42,8 Argiles + limons fins : 41,8%	**« C »** (9 mesures) C/N : 14,6 Mat org (g/kg) : 20,4 Argiles + limons fins : 12,0%
Prélèvement plus de 30 jours après l'application de l'amendement organique	**« B »** (2 mesures) C/N : 16,9 Mat org (g/kg) : 48,7 Argiles + limons fins : 36,5%	**« D »** (9 mesures) C/N : 14,4 Mat org (g/kg) : 25,4 Argiles + limons fins : 20,1%

Le tableau 4 propose une tentative de répartition des échantillons de sol en 4 catégories en tenant compte de : la durée après la déforestation, et la date de prélèvement par rapport à l'apport organique fait dans le cadre de programme. Les variables prises en considération sont : la teneur en matière organique du sol, le rapport C/N, la teneur en argiles + limons fins. Les rapports C/N sont à peu près de même ordre de grandeur (entre 14,4 et 17,9) correspondant donc à des niveaux de dégradation de matière organique équivalents. Par contre, les taux de matière organique sont beaucoup plus élevés après des temps de déforestation courts (groupes A et B), mais, en fait correspondant à des taux « argiles + limons fins » beaucoup plus élevés ce qui est attendu.

La figure 3 répartit les sols en fonction du temps après déforestation. Elle indique que pour les parcelles cultivées depuis longtemps (groupes C et D), la teneur en matière organique est moins liée à la teneur « argiles+ limons fins » donc par inférence, semble plus dépendre des pratiques culturales. Alors que pour les parcelles déforestées depuis moins longtemps, la teneur en matière organique est plus dépendante de la texture du sol.

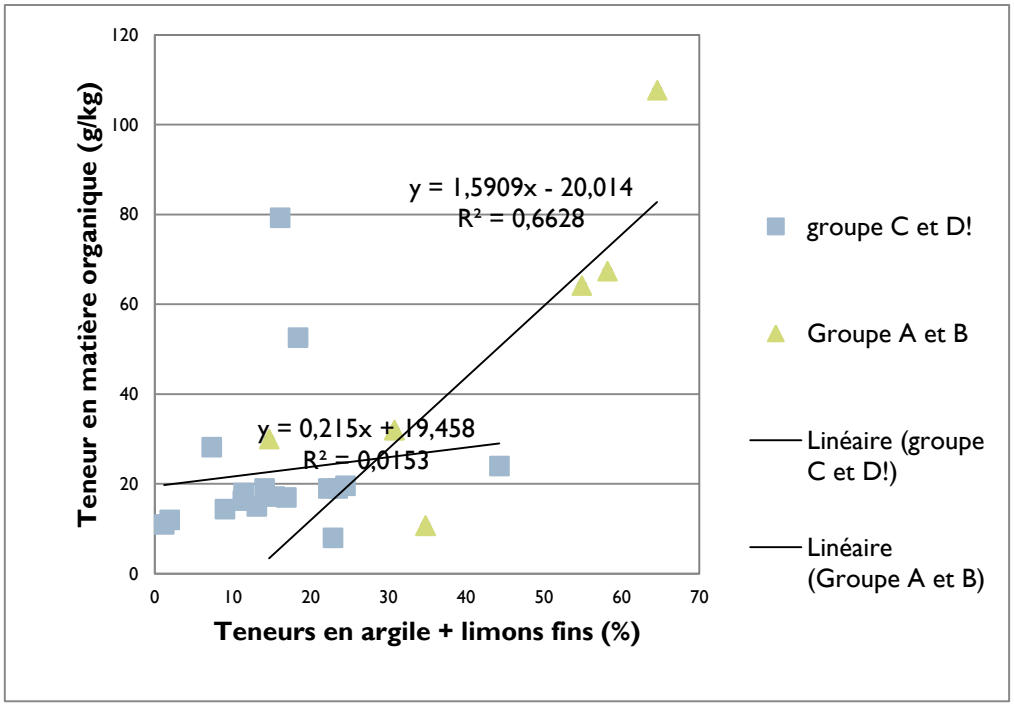


Figure 6. Répartition des prélèvements en fonction de la teneur en argile + limons fins et le taux de matière organique suivant la durée après déforestation et l'intervalle de temps entre l'apport de matière organique et le prélèvement de sol : voir tableau 4

Rapport C/N

Le rapport C/N varie de 5,8 à 32,6. Globalement, les valeurs sont élevées traduisant des forts taux de matière organique peu minéralisée : à Sinnamary, Montsinéry (épandage de litière forestière après déforestation), Javouhey sur taro avec apport de BRF (23,8 à la fin de l'essai), Cacao avec apport de compost. Les ratios C/N élevés entraînent le phénomène de faim d'azote. La faim d'azote est un symptôme observé sur la plante s'observant le plus souvent par un jaunissement du feuillage et un ralentissement du développement végétatif, qui reflète une compétition entre l'absorption par les plantes et la réorganisation de la matière organique par les micro-organismes du sol. En dessous d'une valeur de 12, on peut considérer les valeurs comme plutôt faibles et la matière organique largement minéralisée. Cela correspond à 5 mesures : Montsinéry après déforestation, Javouhey sur un échantillon sous papayer, et Matiti sur une parcelle. Sur l'analyse ACP (figure 1), C/N varie dans le même sens que les amendements organiques et s'opposent aux données sables totaux, différence de pH, culture et intervalles « date de prélèvements – apports de matière organique » (Int).

pH

Les sols sont neutres à acides. Peu de valeurs de sols vraiment acides inférieurs à pH 5 : 6 valeurs sur 26, à (4,8 à 5,3, à Cacao, Javouhey). Les différences avec pH KCl (pHd) varient de 0,2 à 1,5, les valeurs les plus élevées de cette différence indiquant des risques plus importants d'acidification du sol après culture à Javouhey, Mana. Cela peut se traduire par des taux élevés d'éléments minéraux comme le fer ou l'aluminium pouvant entrainer notamment des toxicités aluminiques. Les sols à Cacao sont particulièrement à surveiller. Les pH un peu plus élevés 7,3 à 7,5 sont observés à Matiti, et à Javouhey. A Javouhey, ces valeurs ont observés sur les parcelles maraîchères après des apports de BRF en fin de culture. Ces valeurs élevées de pH sont à mettre en relation avec l'ancienneté de la culture et des apports de calcium réguliers depuis plusieurs années.

Sur la figure 1 de l'ACP initiale sur l'ensemble des données, le pHeau sort en opposition aux apports d'amendements organiques ; la valeur de la différence entre les deux méthodes de mesure de pH semble peu liée avec les autres variables.

Les éléments nutritifs

Dans l'analyse en composante principale, le taux de saturation est la somme des bases Ca^{++}, Mg^{++}, K^{+} et Na^{+} divisé par la capacité d'échange cationique. Il varie de + de 100 à 19 ou 20%. Les valeurs très élevées sont dues à des fertilisations des cultures avec des apports de calcium. Les valeurs faibles sont dues à des déforestations récentes. La mise en culture apporte des apports de calcium bénéfiques aux cultures. Cependant à noter des taux très faibles de calcium sur le verger d'agrumes support du test couvertures vivantes. Les apports réguliers de calcium permettent de remonter les valeurs de pH et donc de limiter les risques liés à l'acidification des sols dans les systèmes de culture à forte rotation comme les systèmes maraîchers.

Les teneurs en phosphore assimilable, P2O5 mesuré suivant la méthode Olsen, en g/kg sont très variables de 0,447 à <0,005. La plupart des sols ont été fertilisés avec des engrais minéraux avant les prélèvements. Certaines valeurs mesurées sont très élevées et sont

certainement dues à des sur-fertilisations des cultures. Il n'est pas possible de tirer de conclusions.

Le rapport K2O/MgO indique la teneur en magnésium relative du sol. Il varie entre 0,0 et 2,5 avec une moyenne à 0,9 et une médiane à 0,7. En général, les sols manquent de magnésium. Dans le cas des cultures maraîchères et fruitières, il serait nécessaire de faire des apports de magnésium.

K2O est apparu comme une des variables permettant de bien prendre en compte les variations des échantillons. Elle peut traduire les pratiques de fertilisation précédents : plus les cultures ont été fertilisées, plus les valeurs mesurées sont élevées : Javouhey et Matiti en système maraîcher par exemple.

Présentation des observations suivant les axes

La présentation suivant les axes avec l'ensemble des variables utilisées montre 3 groupes :

- Matiti (obs 9, 21) et Javouhey maraîcher (obs 11, 12),
- Corossony (obs 1), Cacao (obs 2, 22),
- Toutes les autres observations.

Ces regroupements surreprésentent quelques variables dans chacun des groupes comme cela est visible sur la figure 3 :

- pH et la fertilisation (K2O), pour le groupe « Matiti – Javouhey maraîcher »,
- la forte teneur en argile pour les sols de « Cacao Corossony »,

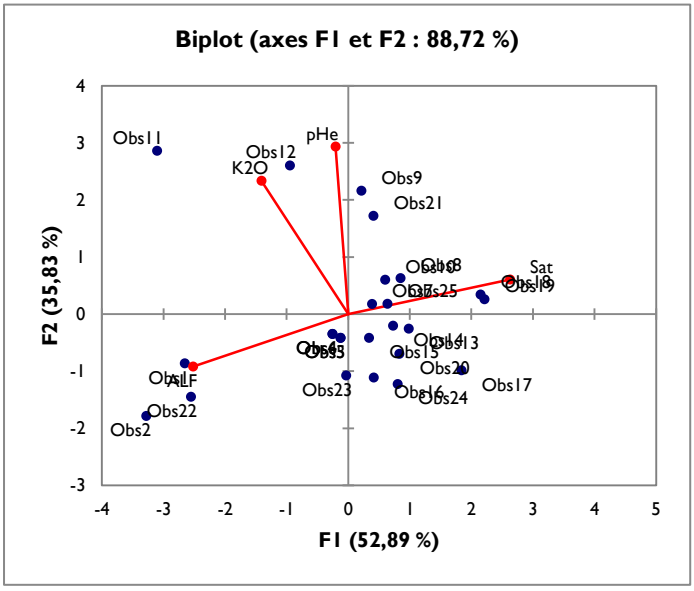


Figure 7. Représentation des observations en fonction des variables retenues

Conclusions

Les sols analysés présentent des caractéristiques très variables. La texture, la teneur en matière organique et le pH sont les variables les plus pertinentes pour les classer auxquelles nous pouvons ajouter K2O. Cette dernière variable traduit les apports d'engrais en culture et donc les pratiques culturales.

Les sols peuvent être classés en 3 groupes : les sols maraîchers sableux (Matiti et Javouhey), les sols argileux (Corossony, Cacao), les autres sols sableux et argilo-sableux.

Les sols analysés sont très hétérogènes quant aux variables physiques et chimiques mais peuvent être aptes aux cultures fruitières et maraîchères. Cependant, les tendances à l'acidification doivent être surveillées notamment par les amendements calciques et des apports de matière organique. L'apport d'éléments azotés sous forme d'engrais chimiques ou amendements organiques semblent également nécessaires.

Pour aller plus loin sur l'impact agronomique des apports de matière organique, il est nécessaire de disposer des données de rendement, des quantités d'apport de matière organique, de leurs teneurs en éléments minéraux, et d'engrais minéraux. Cela permettra de faire des bilans minéraux et de quantifier les effets sur les cultures. Cela doit être mesuré dans les projets du RITA2.

Acronymes

ALf : argile + limons fins en pourcentage
Amd : apport de matière organique
BRF : bois raméal fragmenté
Ca : Cacao
Co : Corossony
C/N : rapport carbone sur azote
Cul : cultures
Dat : numéro du cycle de culture suivi
Int : intervalles entre apports de matière organiques et mesures physico-chimiques
Ja : Javouhey
Ma : Mana
Ma : Matiti
Mor : taux matière organique (g/kg)
Mn : Montsinéry
Sat : sables fins + sables grossiers (%)
Ntt : azote total
pHe : pHeau
pHd : différence Ph eau – pH KCl
CEC : capacité d'échange cationique (meq/100g)
CaO (g/kg)
P2O5 Olsen (g/kg)
K2O (g/kg)
MgO (g/kg)
Cu EDTA (mg/kg)
Zinc EDTA (mg/kg)
Mn EDTA (mg/kg)
Fe EDTA (mg/kg)
B : Bore soluble
Na : Na2O (g/kg).

BOIS RAMEAL FRAGMENTE (BRF)

BRF- Fiche technique

Le Bois Raméal Fragmenté (BRF)

2015

Fiche technique

Qu'est-ce que le BRF?

Le terme Bois Raméal Fragmenté désigne un amendement organique composé de copeaux de bois obtenus par broyage de jeunes rameaux fraîchement coupés. En se décomposant, il apporte de la matière organique et contribue à améliorer la structure et la fertilité du sol.

Solicaz

Comment ça fonctionne?

La technique du BRF consiste à recréer un **humus forestier**. Les extrémités des branches concentrent en effet 80% des nutriments de l'arbre. Alors que le bois caulinaire qui compose les troncs contient de la lignine peu dégradable, les rameaux sont riches en **lignine jeune** rapidement digérée par des **champignons du sol** du groupe des basidiomycètes (pourriture blanche). En se décomposant, la lignine subit une série de transformations qui vont **stimuler les organismes** du sol et apporter des **nutriments** comme l'azote, utiles pour la nutrition des plantes.

Le **broyage** du bois le rend plus aisément **attaquable** par les champignons. Les nutriments libérés participeront à la fois aux cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore ; le BRF a une **action durable** et participe à l'**auto-entretien de la fertilité** des parcelles.

BRF: bois tendre fraîchement broyé

Dégradation de la lignine par les champignons du sol

Stimulation de l'activité biologique du sol et formation d'un humus

Comment l'utilise-t-on?

Fabrication

L'objectif lors de la réalisation d'un BRF est de s'approcher le plus possible d'une **litière forestière naturelle**. Pour cela, certaines règles sont à respecter :

1) Diamètre des branches inférieur à **7 cm** : rameaux ou repousses d'un voire deux ans (pas de bois caulinaire);

2) Éviter les résineux, palmiers, bambous et bananiers;

3) Privilégier le **mélange d'essences** («tout-venant») : on peut utiliser les branchages d'une forêt à proximité de l'exploitation;

4) Broyer rapidement (le bois doit être frais et les feuilles encore vertes), sinon il y aura perte de nutriments et le bois sec risque d'absorber l'eau du sol. Si l'épandage ne peut être réalisé immédiatement après broyage, stocker en andains de moins d'un mètre de haut pendant maximum **3 mois**;

5) Les feuilles peuvent être broyées en même temps que le bois, mais en cas de feuillage trop dense, il y a risque de développement des bactéries aux dépends des champignons et phénomène de compostage;

6) Utiliser le broyeur adéquat : les copeaux doivent faire entre **5 et 10 cm de long**.

*Il existe 2 types de broyeurs: à **couteaux** (BRF sous forme de plaquettes à dégradation plus lente) ou à **marteaux** (BRF à l'aspect plus «déchiqueté», plus facilement dégradable).*

La faim d'azote

Les champignons décomposeurs des copeaux de bois vont prélever de l'azote dans les **réserves du sol** pour se développer et provoquer une **pénurie temporaire** de cet élément. Les cultures en place ou futures pourront souffrir du manque d'azote ; on parle alors de « **faim d'azote** ».

Ce phénomène peut se produire **dès les premières semaines d'épandage** du BRF. Pour compenser ce manque, il est préférable d'apporter des sources d'azote soit sous forme de compost ou fumier à incorporer au BRF, soit via une culture de Légumineuses implantée **l'année précédant l'épandage** de BRF.

Solicaz

Déchiquetage de repousses récentes au broyeur Green Mech sur l'exploitation bio de Charles CARBO - Sinnamary

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Épandage

Après broyage, le BRF frais doit être rapidement épandu sur les parcelles : la meilleure période pour l'appliquer est la **fin de la saison des pluies** (meilleure assimilation). Démarrer la culture **plusieurs semaines après l'épandage** permet de bénéficier des nutriments libérés par le bois en partie dégradé et actif au niveau du sol, tout en évitant une éventuelle faim d'azote. Ne pas utiliser de **fongicides** qui pourraient empêcher le développement des champignons décomposeurs.

L'épandage de BRF peut se limiter aux billons de culture ou à la périphérie des arbres fruitiers, ce qui réduira les quantités de bois broyé nécessaires. Un BRF peut être appliqué de deux façons : en **paillage** (mulch) ou **enfoui** dans les 5 à 10 premiers cm du sol *(cf encadré)*.

Solicaz

Épandage de BRF sur billons - exploitation bio de Charles CARBO, Sinnamary

*La décomposition et donc la fréquence d'application du BRF peut varier selon la qualité, la quantité du BRF et les conditions pédo-climatiques. Généralement, **un apport par an** suffit.*

Quelle différence entre Mulch et BRF?

« BRF » fait référence à la composition de l'amendement (des copeaux de bois jeune) alors que « mulch » (paillage en anglais) désigne la technique qui consiste à couvrir le sol avec un matériau (paille, copeaux, graviers, bâche…). Un BRF peut ainsi être utilisé en mulch, c'est-à-dire épandu en surface, ou bien enfoui et mélangé aux 5 à 10 premiers cm du sol. En mulch, l'effet fertilisant est moins marqué car la décomposition de la lignine est plus lente; cependant, le paillage protège le sol de la sécheresse en gardant l'humidité, de l'érosion (en saison des pluies) et entrave le développement des adventices. L'enfouissement du BRF permettra une décomposition plus rapide, donc un apport en nutriments supérieur, mais sera moins efficace comme obstacle au ruissellement. Dans le cas d'un enfouissement du BRF, veiller au bon drainage du sol car un engorgement peut stopper le processus de dégradation du bois.

Cas du broyat de résidus forestiers

(après défriche p.ex.)

Il est déconseillé d'utiliser le résultat du broyage des résidus de défriche comme BRF (bois trop sec et trop lignifié) et de l'incorporer au sol car sa décomposition est difficile, mobilise l'azote du sol en grandes quantités et le bois sec pompe l'eau du sol.

Le broyat de résidus forestiers peut néanmoins être utilisé en **paillage** pas trop épais (5 cm maximum).

http://agrichampsaur.skyrock.com/

Broyeur automoteur Plaisance en plein travail de broyage des rémanents sur une parcelle défrichée

Épaisseur du mulch

La quantité de mulch épandu ne doit pas dépasser **20 tonnes de matière sèche/ha** : **4 à 5 cm d'épaisseur**. Un mulch **trop épais** peut être néfaste pour le sol et les cultures, surtout s'il est composé de bois très lignifié (cas des **résidus de défriche** broyés). La dégradation du mulch sera lente et les besoins en azote des microorganismes décomposeurs, très importants : les plantes seront potentiellement privées d'azote.

Il est recommandé d'appliquer le mulch **plusieurs semaines avant le départ de la culture** car l'activité biologique et la couverture de copeaux réchauffent le sol ; si le semis est réalisé peu de temps après le paillage, les jeunes pousses peuvent être brûlées.

Remarque

Le BRF est très bien adapté pour un repiquage, mais peut gêner dans le cas d'un semis direct. Il est alors possible de semer avant épandage et d'appliquer le BRF une fois les pousses sorties.

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Quels sont les avantages et inconvénients du BRF?

Avantages

- Réduction voire supression du travail du sol
- Création d'un humus riche en matière organique qui conduit à une meilleure aération du sol et capacité d'absorption de l'eau
- Amélioration de la structure du sol
- Lutte contre l'enherbement
- Conservation de l'humidité du sol
- Réduction de la fréquence d'irrigation
- Protection contre les contraintes climatiques
- Technique adaptée en Guyane grâce à la proximité de la forêt aux abords des parcelles agricoles
- **Maintien durable d'un sol fertile**

Inconvénients

- Risque de faim d'azote les premières semaines d'application (possibilité d'ajouter du fumier ou du compost pour compenser)
- Coût de location ou d'achat d'un broyeur
- Risque potentiel de phyto-toxicité du BRF selon les essences utilisées

Des résultats parlants en Guyane :

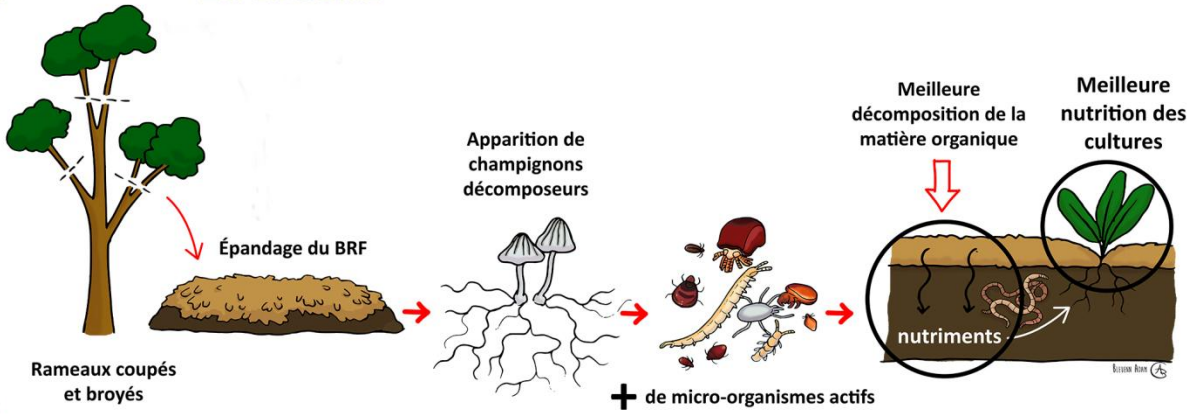
Solicaz

Essais BRF menés au Lycée agricole de Matiti : à g. un billon où le sol est laissé à nu, à d. un billon recouvert de BRF

Les expérimentations menées dans le cadre du projet GUYAFER (amélioration de la fertilité des sols en Guyane) du RITA (Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole) sur parcelles maraîchères ont montré que, quelques semaines après application de BRF, les microorganismes du sol sont plus nombreux et plus actifs que sur un sol nu. Ce qui se traduit par une meilleure décomposition de la matière organique, et donc une nutrition accrue des cultures.

Au bout d'un an, après décomposition du BRF, ces effets s'atténuent, mais sont renouvelés après un nouvel épandage de BRF.

En résumé



Bibliographie

Centre des Technologies Agronomiques, 2006, Mise en œuvre de la technique BRF en agriculture wallonne - Article Permaculture et BRF - S. BEAUCHEMIN & al, 1991, Effets d'amendements ligneux sur la disponibilité d'azote dans un sol sableux cultivé en pomme de terre - BIO SAVANE, Livret Technique *BRF: une technique d'avenir* - http://www.terrevivante.org

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

BRF – fiches individuelles des essais

BRF – Matiti – culture de calous et de patates douces

BRF sur cultures de calous et de patates douces, Lycée agricole de Matiti (Centre Guyane)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : EPLEFPA

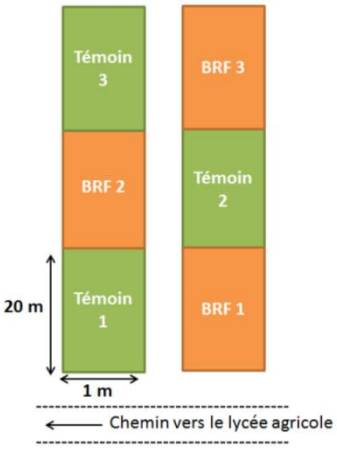
Système de culture : Maraîchage sur billons, 2 cycles de culture suivis : Calou (ou gombo, famille des Malvacées) puis Patate douce (famille des Convolvulacées)

Amendements organique testé : BRF de tout venant avec majorité d'individus du genre *Cecropia*

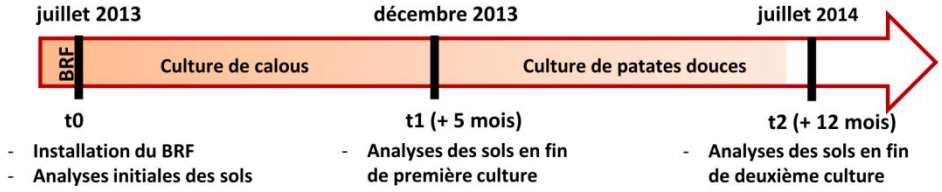
Epaisseur du BRF : environ 10 cm

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : BRF et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 20 m² (sur 2 billons)
- Nombre de répétitions par modalité: 3 (disposés en quinconce sur 2 billons)
- Un apport de fumier et d'engrais 12-4-24 a été effectué en début de culture sur l'ensemble de la parcelle



Photos :

Vue générale du dispositif après la pause du BRF

Vue générale du dispositif 2 mois après la pause du BRF lors de la culture de calous

Vue générale du dispositif à la fin de l'expérimentation (le BRF est totalement dégradé)

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

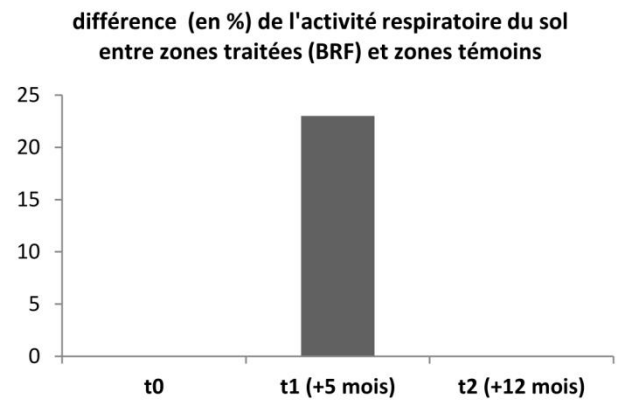
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableux	9,2	12,8	78	1,5	1,4	0,06	14	6	0
qualité	faible				moyen	faible	faible	bon	bon	faible

- Sol à dominance sableuse pouvant entrainer une perte important des éléments nutritifs présents,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures,
- Matière organique insuffisante entrainant une réserve d'azote pratiquement inexistante et un faible fonctionnement du sol.

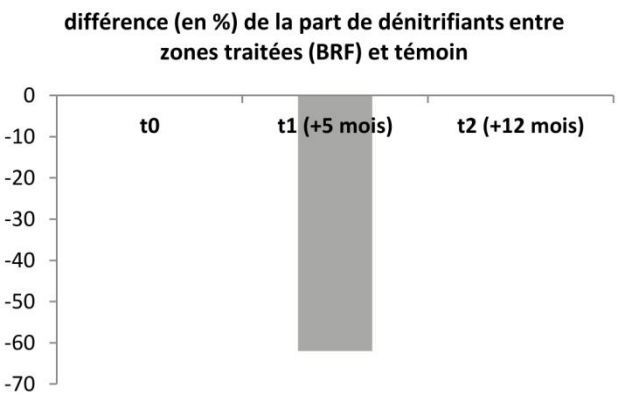
⇨ **Indice de fertilité : FAIBLE. Le sol seul ne peut pas assumer les besoins des cultures. Son rôle se réduit pratiquement à une fonction de support.**

Impact du BRF sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol avec et sans BRF à la plantation (t0), à la fin de la première culture (t1, +5 mois) et à la fin de la deuxième culture (t2, +12 mois).



L'augmentation de la respiration du sol pour le premier cycle de culture (5 mois après pause du BRF) permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due au BRF (+23 %). Le BRF a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes décomposent la matière organique apportée par le BRF fournissant ainsi des éléments nutritifs aux plantes. A la fin du second cycle de culture (12 mois après la pause du BRF, celui-ci étant totalement décomposé) l'impact du BRF n'est plus visible.



Pendant le premier cycle de culture, le part de dénitrifiants (responsables du relargage de l'azote dans l'atmosphère) est plus faible sous la modalité BRF (-62 %). Comme en parallèle on remarque une augmentation de la biomasse microbienne active (respiration) cela veut dire que BRF favorisent les champignons décomposeurs (micro-organismes non-dénitrifiants). Au second cycle de culture, on ne remarque plus de différence entre les deux modalités.

CONCLUSION :

Tout au long de sa dégradation, le BRF a un effet bénéfique sur la fertilité de ce sol sableux. Cet effet est toutefois éphémère (moins de 1 an) car le BRF se dégrade très rapidement et les éléments nutritifs fournis peuvent être perdus par l'effet de la pluie sur cette texture sableuse qui n'a pas la capacité de les retenir. Il est donc conseillé d'apporter tous les ans une nouvelle couche de BRF. L'apport de charbon, permettant de retenir les éléments nutritifs par son rôle d'éponge, pourrait également être une solution pour le maintien de la fertilité.

BRF – Javouhey – culture de piments et aubergines puis de choux

BRF sur cultures de piments et aubergines puis de choux,

Mr Ly Ka, Javouhey (Guyane Ouest)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : PFFLG, DAAF

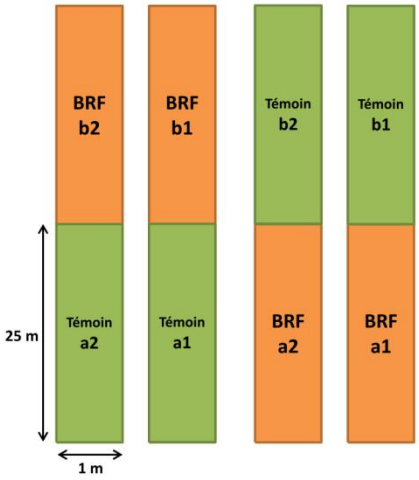
Système de culture : Maraîchage sur billons, 2 cycles de culture suivis : piments et aubergines amères (famille des Solanacées) puis choux chinois (famille des Brassicacées)

Amendements organique testé : BRF de tout-venant

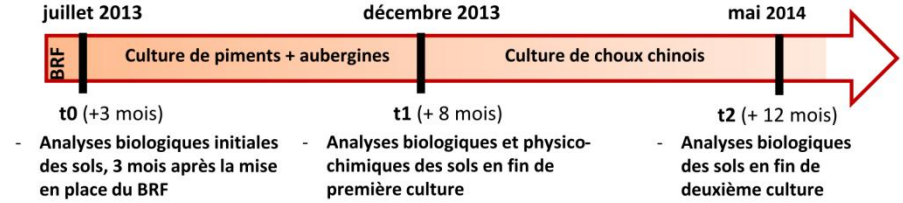
Epaisseur du BRF : environ 8 cm

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : BRF et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 25 m² (sur 4 billons)
- Nombre de répétitions par modalité: 4
- Un apport de fumier, de dolomite et d'engrais 9-23-24 a été effectué en début de culture sur l'ensemble de la parcelle
-



Photos :

Vue générale du après la pause du BRF

Vue sur culture et BRF, 3 mois après sa mise en place

Vue de la modalité BRF à la fin de l'expérimentation (présence de quelques résidus toujours visibles)

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

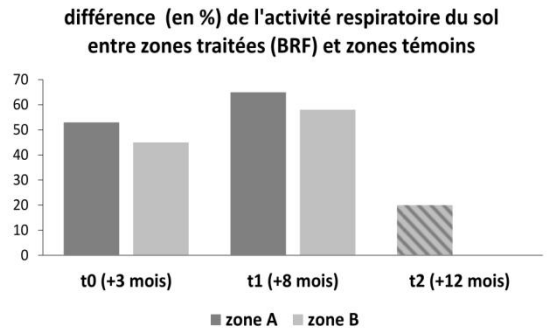
	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
zone A	limono-sableux	14,6	48,9	34	2,4	7,7	0,01	14	7,4	1
zone B	sablo-limoneux	7,1	32,9	58	1,9	5,4	0,007	15,8	7,5	1
qualité	**moyen**				**bon**	**faible**	**faible**	**bon**	**bon**	**moyen**

- Quelques différences notables entre zone A et zone B (voir schéma pour visualisation des zones)
- Sol à dominance sableuse, surtout pour la zone B, pouvant entrainer une perte importante des éléments nutritifs présents,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures,
- Matière organique suffisante mais une réserve d'azote pratiquement inexistante et un fonctionnement du sol moyen.

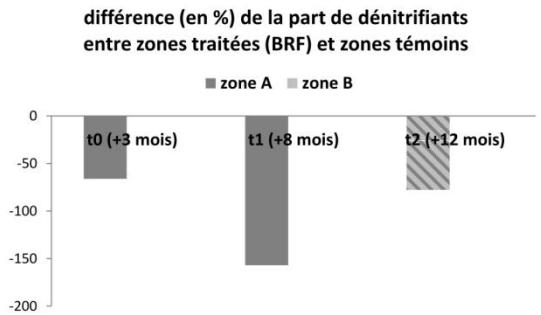
⇨ **Indice de fertilité : Moyen. Le sol peut difficilement assumer les besoins des cultures. Dans l'ensemble, la zone A se montre de meilleure qualité que la zone B.**

Impact du BRF sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol avec et sans BRF 3 mois (t0) après la mise en place de l'essai, à la fin de la première culture (t1, +8 mois) et à la fin de la deuxième culture (t2, +12 mois). Sur cet essai, deux zones (A et B) ont été étudiés séparément, sauf pour t2 où la zone BRF de la zone B a été comparée avec témoin zone A (les 2 billons de gauche sur le plan d'expérimentation).



L'augmentation de la respiration du sol permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due au BRF dès le troisième mois après la mise en place de l'essai (+53% sur zone A et +45% sur la zone B) et est encore plus importante à la fin du 1er cycle de culture (+65% sur zone A et +58% sur la zone B). A t2, le BRF est déjà presque totalement décomposé ; même si l'amélioration de la fertilité est détectée, elle est moins importante qu'auparavant (+20%). Le BRF a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes décomposent la matière organique apportée par le BRF fournissant ainsi des éléments nutritifs aux plantes. L'impact est d'autant plus visible sur la zone A qui possède plus d'argile et de ce fait, retient mieux la matière organique.



3 mois après la pause du BRF, la part des dénitrifiants (responsables du relargage de l'azote dans l'atmosphère) est plus faible sous la modalité BRF (-66 %). Elle baisse même de -157 % au bout de 8 mois. Cet effet semble s'amenuiser quand le BRF est presque totalement dégradé au bout d'un an (t2). Cet impact n'est cependant détecté que pour les sols les moins sableux (zone A). Comme on remarque une augmentation de la biomasse microbienne active (respiration) et une baisse de la proportion des dénitrifiants, cela veut dire que le BRF favorise les champignons décomposeurs pour sa dégradation.

CONCLUSION :

Tout au long de sa dégradation, le BRF a un effet bénéfique sur la fertilité et d'autant plus sur les sols les moins sableux. Cet effet semble toutefois éphémère car le BRF se dégrade très rapidement et les éléments nutritifs fournis peuvent être perdus par l'effet de la pluie sur la texture sableuse qui n'a pas la capacité de les retenir. Il est donc conseillé d'apporter régulièrement une nouvelle couche de BRF. L'apport de charbon, permettant de retenir les éléments nutritifs par son rôle d'éponge, pourrait également être une solution pour le maintien de la fertilité.

BRF – Javouhey – culture de dachines

BRF sur cultures de dachines,

Mr et Mme Martodikromo, Javouhey (Guyane Ouest)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaires : GDA Mana, DAAF

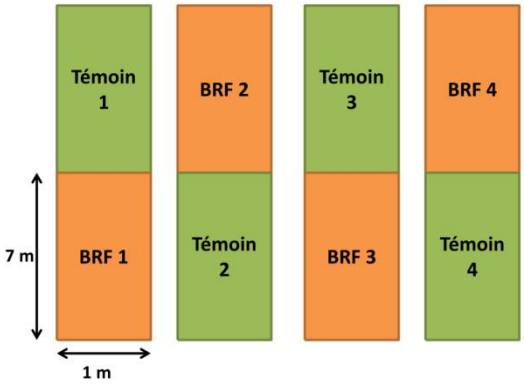
Système de culture : Maraîchage sur billons, 1 cycle de culture suivis : dachine (ou taro, famille des Aracées)

Amendements organique testé : BRF de tout venant avec majorité d'individus du genre *Cecropia*

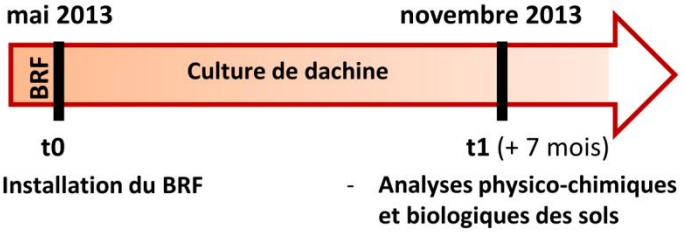
Epaisseur du BRF : environ 9 cm

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : BRF et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 7 m² (sur 4 billons)
- Nombre de répétitions par modalité: 4 (disposés en quinconce sur les billons)
- Un apport de fumier de poule et d'engrais 17-17-17 a été effectué en début de culture sur l'ensemble de la parcelle



Photos (crédits : GDA, DAAF, Solicaz)**:**

Vue générale du dispositif après la pause du BRF

Vue générale du dispositif 4 mois après la mise en place du BRF et de la culture

Vue générale du dispositif à la fin de l'expérimentation (t1)

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique du sol (réalisée à t1):

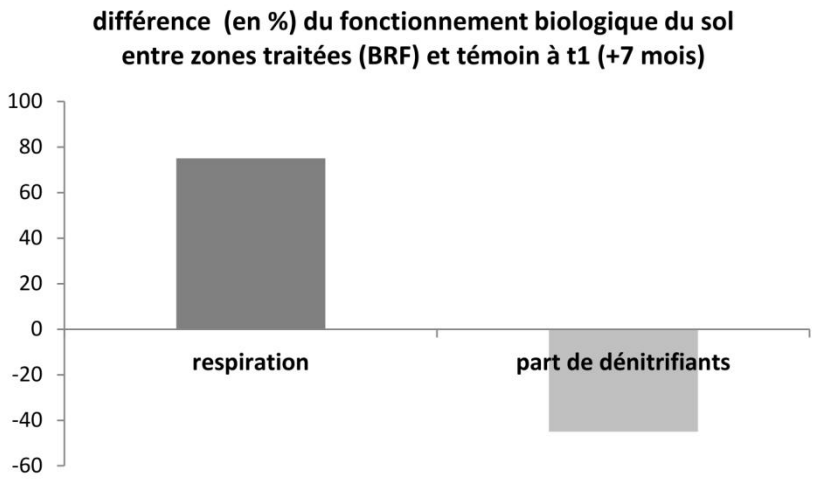
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableux	6,1	2	91,9	2,82	2,2	0,07	23,8	5,1	0
qualité	faible				bon	faible	faible	faible	moyen	faible

- Teneurs en matière organique suffisantes (le BRF étant déjà en place depuis 7 mois),
- Un sol à dominance sableuse occasionnant une perte importante des éléments nutritifs,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures et faible teneur en azote,
- un faible fonctionnement du sol.

⇨ **Indice de fertilité : FAIBLE. Le sol seul ne peut pas assumer toutes les besoins des cultures.**

Impact du BRF sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol avec et sans BRF à la fin du cycle de culture (t1, 7 mois après la pause du BRF).



L'augmentation de la respiration du sol (7 mois après pause du BRF) permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due au BRF (+75 %). Le BRF a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes décomposent la matière organique apportée par le BRF fournissant ainsi des éléments nutritifs aux plantes.

La part de dénitrifiants est moins importante sous la modalité BRF (-45 %). Comme on remarque une augmentation de la biomasse microbienne active (respiration) et une baisse de cette part, cela veut dire que BRF favorisent les champignons décomposeurs (micro-organismes non-dénitrifiants) pour sa dégradation.

CONCLUSION :

Le BRF a un effet bénéfique sur la fertilité de ce sol sableux. Toutefois, le BRF est un amendement organique qui se dégrade rapidement et les éléments nutritifs fournis peuvent être perdus par l'effet de la pluie sur la texture sableuse qui n'a pas la capacité de les retenir. Il est donc conseillé d'apporter régulièrement une nouvelle couche de BRF. L'apport de charbon, permettant de retenir les éléments nutritifs par son rôle d'éponge, pourrait également être une solution pour un maintien de la fertilité durable.

BRF – Sinnamary – culture de giromons

BRF sur culture de giraumons,

Mr Carbo, Sinnamary (Guyane centre)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : Bio-savane

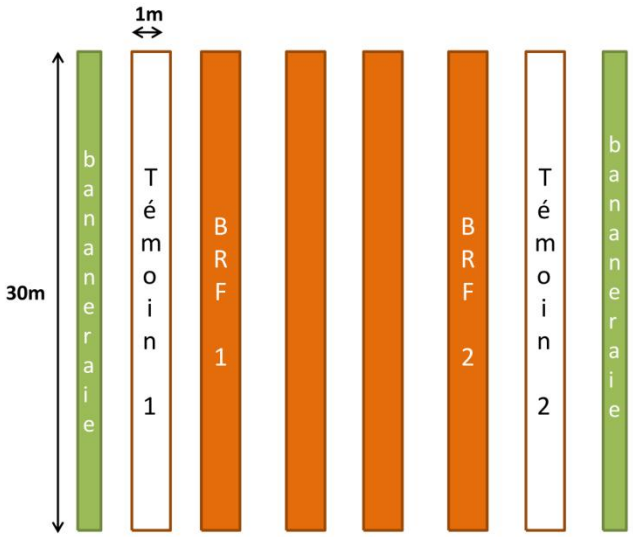
Système de culture : Maraîchage sur billons, 1 cycle de culture de giraumons (famille des Cucurbitacées)

Amendements organique testé : BRF de tout venant

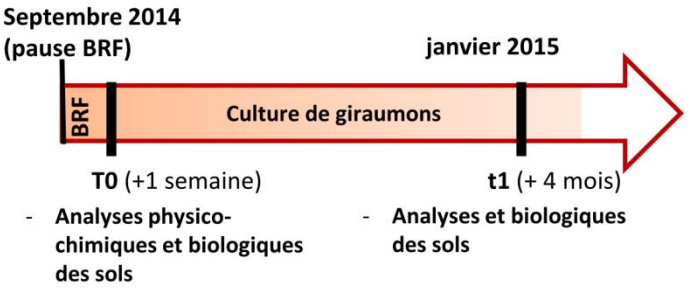
Epaisseur du BRF : environ 5 cm

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : BRF et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 30 m²
- Nombre de répétitions par modalité: 2 disposés sur différents billons de la parcelle
- Un apport de fumier ou compost avec un peu de charbon et de calcaire sur l'ensemble de la parcelle en début d'essai



Photos :

Vue générale du dispositif au début de l'expérimentation

Vue générale du dispositif à la fin de l'expérimentation

.

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique du sol (à t0):

composantes	**type de sol**	**granulométrie (%)**			**teneur en matière organique (%)**	**CEC**	**N total (%)**	**C/N**	**pH**	**indice qualité biologique**
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableux	12,9	9,7	77,5	5,26	7,7	0,094	32,6	6,1	1
qualité	**mauvais**				**bon**	**mauvais**	**mauvais**	**mauvais**	**bon**	**moyen**

- Sol sableux ne permettant pas une bonne rétention des éléments nutritifs notamment de l'azote.
- Une CEC capable de stocker modérément les éléments minéraux
- Une bonne teneur en matière organique
- Un fonctionnement du sol convenable

⇨ **Indice de fertilité : Moyen**

Impact du BRF sur la fertilité du sol :

Aucune différence n'a été constatée concernant les différentes activités biologiques (respiration, dénitrification, proportion de dénitrifiants) entre zones témoins et zones avec BRF que ça soit 1 semaine ou 4 mois après mise en place de l'amendement. Le BRF n'a ici pas stimulé la vie microbienne : il n'y a pas plus de micro-organismes actifs (qui auraient favorisé la production d'éléments nutritif pour les cultures) ni de diversité microbienne sous BRF.

CONCLUSION :

Cet essai n'a pas démontré d'impact du BRF sur la fertilité du sol. C'est le seul essai BRF parmi les expérimentations menées dans GUYAFER qui ne montre pas d'amélioration du sol. C'est aussi le seul site où l'agriculteur, Mr Carbo, traite régulièrement sa parcelle avec du BRF depuis de nombreuses années. Les zones témoins ont ici donc auparavant été traitées avec cet amendement. L'absence de détection d'amélioration pourrait mettre en évidence qu'une utilisation continue de BRF sur plusieurs saisons pourrait améliorer la fertilité des sols d'une façon plus permanente.

BRF – Corossony – culture d'ananas

BRF sur culture d'ananas,

Mr Yang, Corossony (Guyane Est)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : CIRAD, DAAF, CFPPA

Système de culture : Maraîchage sur billons, 1 cycle de culture d'ananas suivi (famille des Broméliacées)

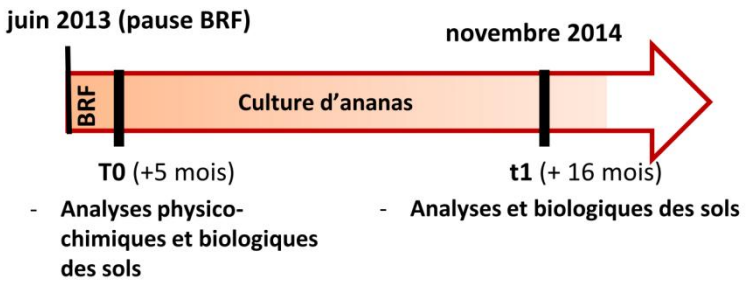
Amendements organique testé : BRF de tout venant

Epaisseur du BRF : environ 8 cm

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental

- 2 modalités testées : BRF et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 8 m²
- Nombre de répétitions par modalité: 3 aléatoirement disposés sur différents billons de la parcelle
- Un apport d'engrais de fond effectué en début culture + quelques apports d'engrais en granules pendant l'essai sur l'ensemble de la parcelle



Photos :

Vue générale du dispositif

Culture d'ananas 5 mois après la pause du BRF

.

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique du sol (à t0):

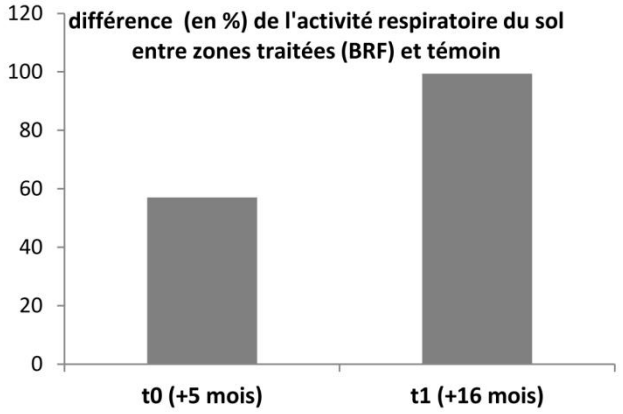
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	argilo-sableux	31,3	40,8	27,9	6,7	11,3	0,24	16,3	5,8	1
qualité	bon				bon	moyen	bon	bon	moyen	moyen

- Sol argilo-sableux permettant une bonne rétention de la matière organique et des éléments nutritifs notamment l'azote.
- Une CEC capable de stocker modérément les éléments minéraux
- Un fonctionnement du sol convenable

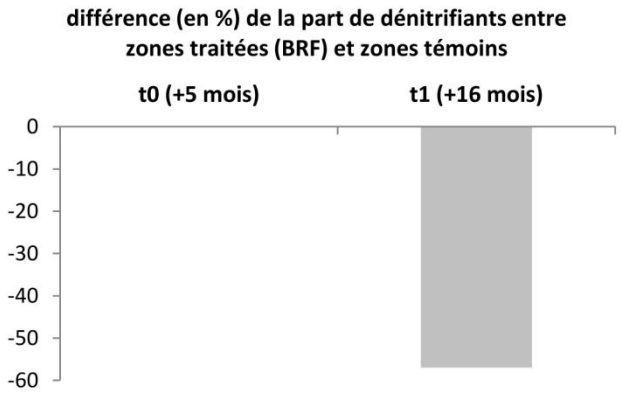
⇨ **Indice de fertilité : Moyen/bon**

Impact du BRF sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol avec et sans BRF 5 mois après son épandage (t0) et à la fin de la culture d'ananas (t1, +16 mois).



L'augmentation progressive de la respiration du sol permet de mettre en évidence une amélioration continue du fonctionnement du sol due au BRF (+57% à t0, +99% à t1). Le BRF a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes décomposent la matière organique apportée par le BRF fournissant ainsi des éléments nutritifs aux plantes.



A la fin du cycle de culture (+16 mois), les dénitrifiants (responsables du relargage de l'azote dans l'atmosphère) sont moins nombreux sous la modalité BRF (-57%). Cette différence entre les modalités témoin et BRF n'est pas visible au t0. Comme on remarque une augmentation de la biomasse microbienne active (respiration) et une baisse de la part des dénitrifiants, cela veut dire que BRF favorisent les champignons décomposeurs (micro-organismes non-dénitrifiants) pour sa dégradation.

CONCLUSION :

Lors de sa décomposition, le BRF a un effet bénéfique sur la fertilité du sol en stimulant la biomasse microbienne active et les décomposeurs. Grace à sa texture argilo-sableuse, ce sol va pouvoir retenir les produits de la décomposition du BRF. Il est probable que ce gain de fertilité soit durable encore quelque temps.

BRF – Wayabo – culture d'ananas

BRF sur culture d'ananas,

Mr Marchewska, Wayabo (Guyane Centre)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : CIRAD, DAAF, CFPPA

Système de culture : Maraîchage sur billons, 1 cycle de culture d'ananas suivi (famille des Broméliacées)

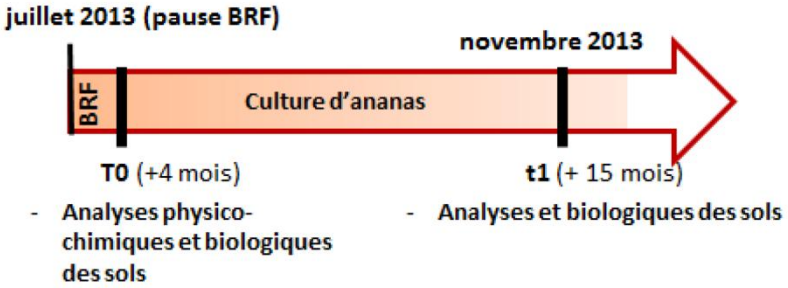
Amendements organique testé : BRF de tout venant

Epaisseur du BRF : environ 8 cm

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental

- 2 modalités testées : BRF et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 8 m²
- Nombre de répétitions par modalité: 3 aléatoirement disposées sur différents billons de la parcelle
- Un apport d'engrais de fond effectué en début culture + quelques apports d'engrais en granules pendant l'essai sur l'ensemble de la parcelle



Photos :

Vue générale du dispositif

Culture d'ananas 4 mois après la pause du BRF

Reste de BRF à la fin de l'expérimentation

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique du sol (à t0) :

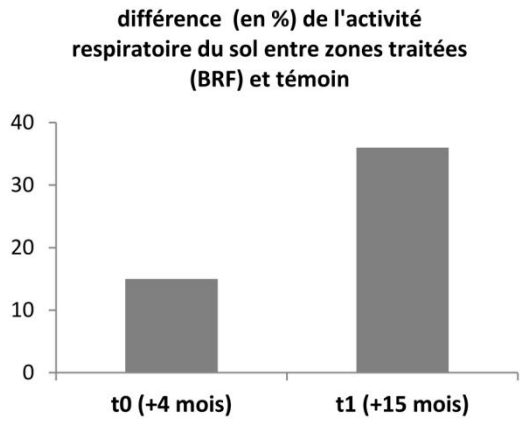
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableux	12,4	9,3	75,2	3	5,6	0,01	17,4	5,5	1
qualité	mauvais				bon	mauvais	mauvais	bon	moyen	moyen

- Sol à dominance sableuse entrainant un lessivage (perte) important des éléments nutritifs présents,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures,
- Une bonne teneur en matière organique sur ce site avec un fonctionnement du sol convenable

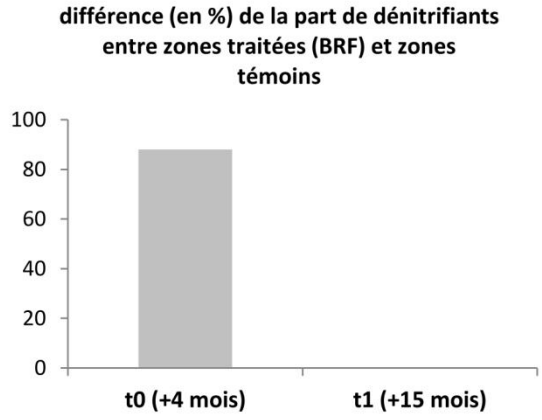
⇨ **Indice de fertilité : Moyen**

Impact du BRF sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol avec et sans BRF 4 mois après son épandage (t0) et à la fin de la culture d'ananas (t1, +15 mois).



L'augmentation progressive de la respiration du sol permet de mettre en évidence une amélioration continue du fonctionnement du sol due au BRF (+15% à t0, +36% à t1). Le BRF a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes décomposent la matière organique apportée par le BRF fournissant ainsi des éléments nutritifs aux plantes.



La proportion de bactéries dénitrifiantes est plus importante sous la modalité BRF que pour un sol nu 4 mois après la pause de l'amendement organique (+88%). Ces bactéries ont comme caractéristique d'être très diversifiées à la fois au niveau des espèces mais également au niveau des fonctions qu'elles remplissent. C'est un avantage car la vie microbienne a plus de chance de résister face à des perturbations. Cette différence entre les modalités témoin et BRF n'est pas visible 15 mois après la pause du BRF.

CONCLUSION :

Lors de sa décomposition, le BRF a un effet bénéfique sur la fertilité du sol en stimulant la biomasse microbienne active et la diversité des micro-organismes. Cependant, les éléments nutritifs produits à partir de cette décomposition peuvent être perdus par l'effet de la pluie sur cette texture sableuse qui n'a pas la capacité de les retenir (phénomène de lessivage). Il sera donc conseillé d'apporter régulièrement une nouvelle couche de BRF. L'apport de charbon, permettant de retenir les éléments nutritifs par son rôle d'éponge, pourrait également être une solution pour le maintien de la fertilité.

BRF – fiche synthètique des résultats

SYNTHESE - Impacts du BRF sur la fertilité des sols

Tableau 1 : récapitulatif des résultats de tous les essais menés sur BRF (N=6). Les mesures réalisées (respiration, dénitrification et part de dénitrifiants) sont réalisés à différent stade d'expérimentation (t0 : après la mise en place de l'expérimentation – pause de BRF + mise en place de la culture, t1 : après le premier cycle de culture et t2 : après le deuxième cycle de culture). Dans chaque case : la première ligne précise le moment où ont été faites les mesures après la mise en place de l'essai. La deuxième ligne nous donne les valeurs moyennes des activités biologiques mesurées pour la modalité Témoin (T) et la modalité BRF. 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 – voir fiche « Outils statistiques). Enfin, la troisième ligne renseigne de la différence en pourcentage entre la modalité BRF et la modalité témoin (en rouge quand les valeurs sont plus grandes pour la modalité BRF, en bleu quand les valeurs sont plus grandes pour la modalité Témoin), ns : différence non-significative entre les 2 modalités. Les pourcentages indiqués entre parenthèses dans la dernière ligne signifient qu'il faut prendre les résultats avec précaution car les modalités BRF et Témoin sont comparés en condition différentes (différentes zones avec des sols de nature différente). Pour plus de détails sur les essais, il faut se reporter aux fiches individuelles.

BRF	activité respiratoire (µg C-CO2/g sol/h)					activités dénitrifiante (µg N-N2O/g sol/h)					part de dénitrifiants				
	t0		t1		t2	t0		t1		t2	t0		t1		t2
Wayabo - ananas	+ 4 mois (2,33) BRF>T (2,03) + 15 %		+15 mois (présence résidus) (2,77) BRF > T (2,03) + 36 %			+ 4 mois (0,368) BRF > T (0,203) + 81 %		+ 15 mois (0,387) BRF > T (0,294) + 31 %			+ 4 mois (0,081) BRF>T (0,043) + 88 %		+ 15 mois (0,015) BRF = T (0,013) ns		
Corossony - ananas	+ 5 mois (3,83) BRF>T (2,43) + 57 %		+16 mois (présence résidus) (7,78) BRF>T (3,90) + 99 %			+ 5 mois (0,365) T < BRF (0,473) + 30 %		+ 16 mois (0,171) BRF > T(0,111) + 54 %			+ 5 mois (0,072) T = BRF (0,065) ns		+ 16 mois (0,022) T > BRF (0,014) - 57 %		
Sinnamary - giraumon	+ 1 semaine (3,06) BRF = T (2,77) ns		+ 4 mois (présence résidus) (3,32) BRF = T (3,19) ns			+ 1 semaine (0,234) T = BRF (0,239) ns		+ 4 mois (0,097) BRF = T (0,080) ns			+ 1 semaine (0,023) T > BRF (0,016) ns		+ 4 mois (0,0036) BRF = T (0,0029) ns		
Javouhey - dachine			+ 7 mois (présence résidus) (1,89) BRF>T (1,08) + 75 %					+ 7 mois (0,131) T = BRF (0,152) ns					+ 7 mois (0,029) T>BRF (0,020) -45 %		
Matiti - calou - patate douce	VRAI (2,98) BRF = T (2,24) ns		+ 5 mois (présence résidus) (3,58) BRF>T (2,91) + 23 %		+ 12 mois (dégradation complète) (5,16) BRF = T (4,54) ns	VRAI (0,0,083) T = BRF (0,078) ns		+ 5 mois (0,061) T = BRF (0,061) ns		+ 12 mois (dégradation complète) (0,431) BRF = T (0,375) ns	VRAI (0,006) T = BRF (0,004) ns		+ 5 mois (0,0039) T>BRF (0,0024) - 62 %		+ 12 mois (dégradation complète) (0,053) BRF = T (0,049) ns
Javouhey - piment + aubergine - chou chinois	+ 3 mois (4,56) BRF>T (3,00) + 49%		+ 8 mois (présence résidus) (5,02) BRF>T (3,09) + 63 %		+12 mois (présence résidus) (5,63) BRF>T (4,68) (+ 20%)	+ 3 mois (0,307) T = BRF (0,364) ns		+ 8 mois (0,418) T = BRF (0,429) ns		+12 mois (présence résidus) (0,460) T = BRF (0,346) (+ 32 %)	+ 3 mois (0,032) T=BRF (0,027) ns		+ 8 mois (0,088) T>BRF (0,057) - 54 %		+12 mois (présence résidus) (0,050) T>BRF (0,028) (-78%)
	zone A (5,17) BRF>T (3,38) + 53 %	zone B (3,82) BRF>T (2,62) + 45 %	zone A (5,66) BRF>T (3,42) + 65 %	zone B (4,37) BRF>T (2,75) + 58 %	(T-A , BRF-B) (5,63) BRF>T (4,68) (+ 20 %)	zone A (0,445) T = BRF (0,445) ns	zone B (0,170) T < BRF (0,282) + 65 %	zone A (0,611) T = BRF (0,505) ns	zone B (0,354) BRF > T (0,226) + 56 %	(T-A , BRF-B) (0,460) T > BRF (0,346) (+ 32 %)	zone A (0,050) T>BRF (0,030) - 66%	zone B (0,016) T= BRF (0,025) ns	zone A (0,134) T>BRF (0,052) - 157 %	zone B (0,062) BRF=T (0,042) ns	(T-A , BRF-B) (0,050) T>BRF (0,028) (-78%)

Une amélioration de la fertilité des sols par l'utilisation du BRF

Une biomasse microbienne active plus importante

Toutes nos expérimentations (non-significatif à Sinnamary mais avec la même tendance) montrent que le BRF en cours de dégradation augmente l'activité respiratoire des sols. Elle peut même être deux fois plus importante sur un sol recouvert de BRF par rapport à un témoin (+99% sur le site de Corossony). Cela signifie que le BRF augmente la biomasse microbienne active du sol. Celle-ci va stimuler la minéralisation de la matière organique et accroitre la biodisponibilité des nutriments pour les cultures.

Les décomposeurs sont favorisés

L'utilisation de BRF n'a pas eu comme impact une baisse de l'activité dénitrifiante sur les essais menés (Tableau1). Mais, parallèlement, le BRF a impliqué une diminution de la proportion des bactéries dénitrifiantes (ratio DEA/SIR). Cet effet est visible sur l'ensemble des essais, sauf sur celui de Wayabo. Le BRF augmente la biomasse totale active du sol tout en diminuant la proportion des dénitrifiants. Cela signifie que cet amendement tend à favoriser certains autres types de micro-organismes, tels les champignons décomposeurs venus dégrader le bois, indispensables pour la transformation du BRF en éléments nutritifs.

Une amélioration temporaire ou à long terme?

Un impact fort dès les premiers mois…

Sur les essais, toutes les mesures réalisées à partir du troisième mois montrent des différences d'activités biologiques des sols entre les zones BRF et les zones témoins. Les premières mesures d'activités sur les essais à Matiti (mesures réalisées le jour de la pause du BRF) et à Sinnamary (mesures à 1 semaine) ne présentent pas de différences significatives entre les zones BRF et zones témoins et suggèrent que l'action du BRF sur la fertilité du sol n'est pas immédiate. Il est possible que cette action débute dès les premières semaines, mais l'absence de mesures entre une semaine (essai Sinnamary) et 3 mois (essai Javouhey) nous empêchent d'avoir plus de précisions. Les essais montrent ainsi que le BRF commence à avoir un impact sur la fertilité du sol entre les premières semaines et les premiers mois de sa mise en place

… mais qui diminue ou disparait au cours du temps

A Matiti, on observe une disparition de l'amélioration de la fertilité des sols un an après la mise en place du BRF. Sur d'autres essais qui ont été menés sur des périodes de temps plus longues (Corossony et Wayabo), l'amélioration de la fertilité des sols est toujours visible, bien que moins importante, plus d'un an après la pause du BRF. Enfin, le BRF ne semble avoir aucun effet dans l'essai de Sinnamary.

Plusieurs raisons peuvent expliquer ces impacts différents du BRF sur la fertilité :

1- L'utilisation systématique du BRF sur plusieurs années, (cas de l'essai de Sinnamary) a amélioré la fertilité du sol sur le long terme. Le fait d'omettre du BRF sur un an (sur la modalité Témoin) n'a donc pas entrainé de perte de la fertilité.

2- La dégradation plus ou moins rapide du BRF :

Il a suffi d'un an pour que le BRF ait disparu à Matiti : après sa dégradation complète, l'amélioration de la fertilité du sol n'est plus visible. Les sites de Corossony et de Wayabo montraient eux, à la fin de la culture d'ananas, encore des résidus de BRF. Dans ces derniers cas, l'impact du BRF sur la fertilité perdure durant plus d'un an et demi. La nature du BRF, différent sur chaque essai (le bois provenant de la forêt adjacente), entraine une rapidité de dégradation plus ou moins grande. Si le BRF a un C/N faible (<10) sa dégradation est rapide, on dit qu' « il brûle »pouvant provoquer « une faim d'azote », plus le C/N est grand (>20), plus la dégradation est lente, pouvant entrainer une accumulation de la matière organique récalcitrante. Une manière de compenser la qualité du BRF est d'avoir des fragments plus ou moins gros : avoir du BRF très fragmenté pour un C/N élevé et plus grossier pour un C/N faible.

3- La nature des sols peut jouer sur la vitesse de dégradation et la performance du BRF.

Un impact du BRF sur la fertilité différent selon les types de sol ?

L'effet de la qualité d'un sol sur l'amélioration de la fertilité du sol après apport de BRF a pu être étudié sur une de nos expérimentations. Une forte hétérogénéité des sols a été observée sur le site de Javouhey chez Mr Ly Ka (production de piments puis de chou chinois). Nous avons donc choisi de séparer la parcelle en deux et de faire un suivi sur chacune de ces

deux zones. Les résultats des analyses physico-chimiques montrent effectivement des différences entre ces deux zones.

Tableau 2 : quelques caractéristiques physico-chimiques des 2 zones de l'essai BRF à Javouhey chez Mr Ly Ka

	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	N total (%)	pH
	argiles	limons	sables			
zone A	14,6	48,9	34	24	0,1	7,4
zone B	7,1	32,9	58	19	0,07	7,5

La zone A est globalement de meilleure qualité que la zone B. Le sol contient plus d'argiles et en conséquence, retient mieux la matière organique (Tableau 2)**Erreur ! Source du renvoi ntrouvable.**.

La comparaison des activités biologiques sous BRF entre ces deux zones est ici possible car toutes les modalités et traitements sont les mêmes sur les deux zones concernées (mêmes conditions météo, même BRF, même quantité, même historique, même cultures, …).

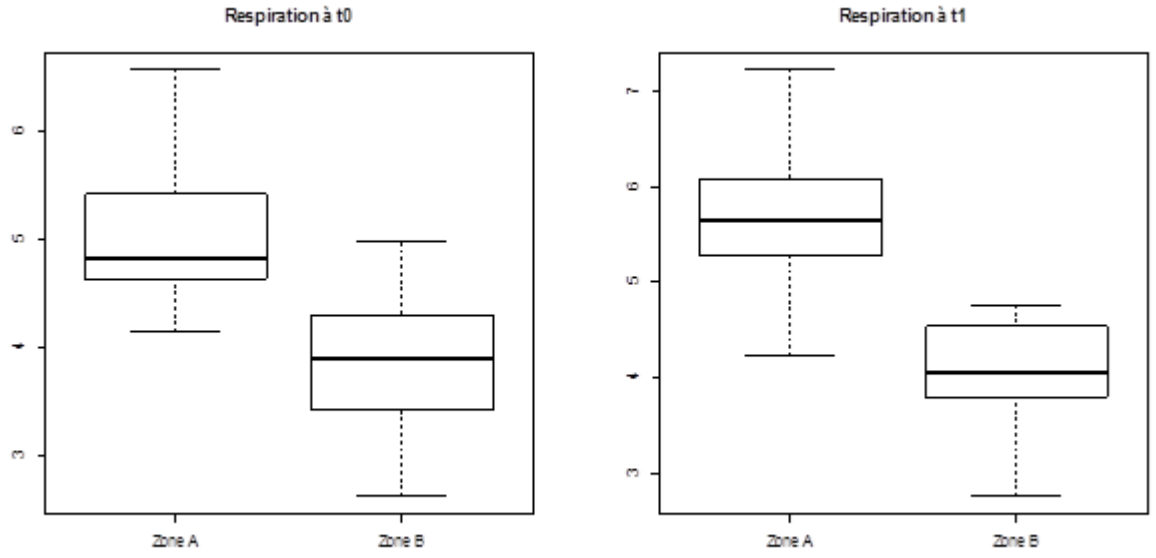


Figure 1 : Boxplots ou « boites à moustache » représentant l'activité respiratoire (en µg C-CO2/g sol/h) sur la modalité BRF des deux zones de l'essai chez Mr Ly Ka à t0 (+ 3 mois) et t1 (+8 mois). Les bornes du rectangle montrent les valeurs du 1er et 3ème quantile. A l'intérieur, se trouve la valeur médiane. Les moustaches traduisent l'étendue de la répartition des données.

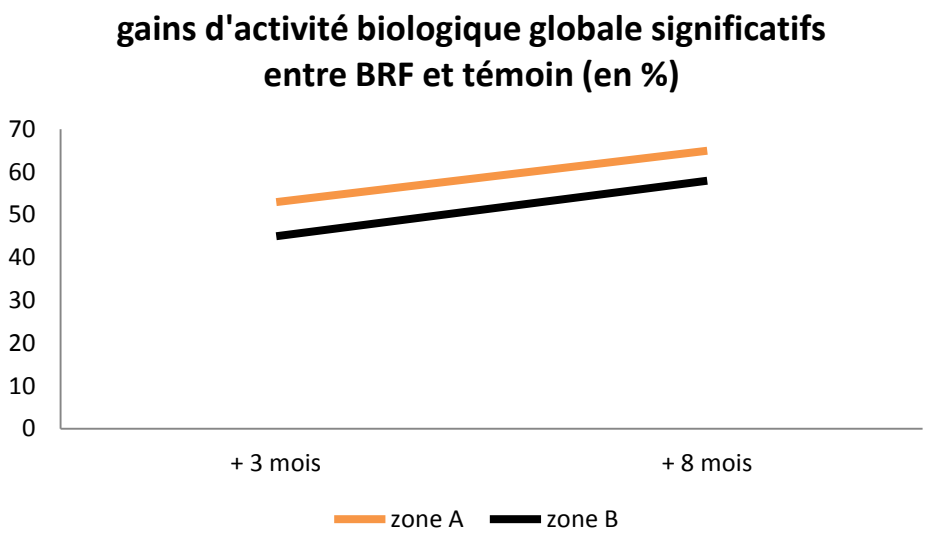


Figure 2 : gains d'activité biologique globale (respiration) significatifs entre BRF et témoin (en %) pour les deux zones de l'essai chez Mr Ly Ka

Le gain de fertilité sur zone BRF par rapport à la zone témoin correspondante est plus important sur les sols de meilleure qualité (Figure 1, Figure 2, Tableau 1).

Si on compare l'impact du BRF en fonction de la qualité des sols sur l'ensemble des essais réalisés, les sols de qualité moyenne (voir document « outils de diagnostic de la qualité des sols ») semblent montrer une amélioration plus prolongée de la fertilité des sols par rapport à des sols plus pauvres. En effet, plus d'un an après la pause du BRF, cette amélioration est toujours détectée sur les sols de qualité moyenne (en bleu sur la Figure 3) alors qu'il n'est pas observé sur des sols plus pauvres (en vert).

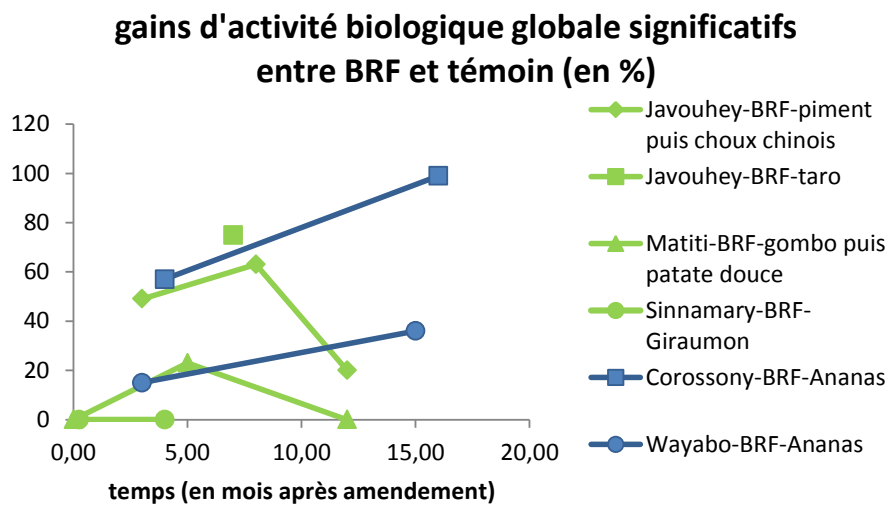


Figure 3: gains d'activité biologique globale (respiration) significatifs entre BRF et témoin (en %) sur des sols de qualités différentes (vert : faible qualité, bleu : qualité moyenne) dans le temps

L'action du BRF semble alors d'autant plus bénéfique qu'un sol est de bonne qualité. Les sols plus sableux retiennent moins bien la matière organique et les micro-organismes responsables de sa transformation en éléments nutritifs. En cas de forte pluie, ils seront perdus pour l'alimentation des cultures. Ces résultats inter-sites doivent être confirmés car les sites n'utilisent pas le même BRF ni les mêmes traitements.

Conclusion

En stimulant fortement la vie du sol, le BRF joue un rôle essentiel dans son amélioration. On remarque que le BRF va augmenter la biomasse totale active du le sol et favoriser les décomposeurs qui vont transformer la matière organique en élément nutritifs pour nourrir les plantes. Cette augmentation de la fertilité par apport de BRF est souvent temporaire et se limite à sa durée de décomposition.

Pour améliorer l'effet du BRF sur la fertilité, différentes voies peuvent être envisagées :

Un épandage chaque année permettrait de fournir une quantité régulière de matière organique afin de maintenir la vie dans les sols et par là, la production d'éléments nutritifs pour les plantes.

Les BRF utilisés ne sont pas standardisés, tous sont issus d'arbres des forêts adjacentes aux parcelles agricoles. Ainsi, leur composition et donc leur qualité sont différentes sur chaque essai. La connaissance du C/N des différents BRF utilisés pourrait permettre d'adapter la quantité et la taille des copeaux à leur vitesse de dégradation.

Cependant, cet apport de matériel végétal lignifié peut faire concurrence à la culture mise en place. En effet, les champignons qui dégradent le BRF sont très compétitifs et consomment de parts leurs actions une grande quantité d'azote minérale au dépend des cultures qui vont alors souffrir de carences. C'est ce qu'on appelle faim d'azote, visible dès les premières semaines de culture (jaunissement des feuilles, retard de croissance,…). Une solution est de proposer des associations avec des plantes fixatrices d'azote (en rotation par exemple) ou des apports de fertilisants. Ces différentes études, complémentaires aux travaux déjà engagés, sont envisagées dans la prochaine programmation RITA.

L'effet bénéfique du BRF sur la fertilité semble moins visible sur des sols de faible qualité certainement dû au phénomène de lessivage qui est plus fort sur ces sols sableux. Il serait intéressant de trouver des solutions pour stabiliser cette biostimulation sur les sols globalement pauvres et sableux de Guyane. En ce sens, l'association de charbon ou « biochar » avec le BRF permettrait de « retenir » les microorganismes et les nutriments nécessaires aux cultures. Le RITA2 permettra d'étudier les potentiels bénéfices de ces associations.

Outre l'amélioration de la qualité des sols, le BRF possède d'autres avantages tels que la lutte contre l'enherbement, la rétention d'humidité du sol, etc… (voir la fiche technique BRF). Cet amendement organique se révèle très intéressant et d'autant plus en Guyane du fait de son coût relativement faible et à la disponibilité de la matière première autour des exploitations agricoles.

Les expérimentations à venir pourront permettre d'affiner les itinéraires techniques permettant d'optimiser l'utilisation du BRF.

CHARBON DE BOIS ET *TERRA PRETA*

Charbon – fiche technique

Le charbon de bois à usage agricole

2015

Fiche technique

Qu'est-ce que le charbon ?

Le charbon de bois est obtenu après carbonisation du bois. Ce procédé permet, par élévation de température, d'extraire du bois l'humidité et toute matière végétale ou organique volatile, afin de ne laisser que le carbone et quelques minéraux. Utilisé en agriculture, le charbon n'est pas un engrais : il ne nourrit pas les cultures, mais sa **structure très poreuse** permet d'**améliorer les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols** :

Chimiques: il améliore la capacité du sol à retenir des éléments nutritifs;

Physiques: il augmente la capacité de rétention en eau sur sol sableux mais la diminue sur sol argileux;

Biologiques: il sert de niche de développement des micro-organismes responsables de la minéralisation de la matière organique.

Avec son **rôle d'éponge et de réservoir**, l'association du charbon avec des amendements organiques (tels que le compost ou le fumier) et/ou des engrais minéraux va considérablement **améliorer la fertilité des sols**. Un seul amendement du sol avec du charbon reste **efficace durant de nombreuses années** de culture.

Charbon enfoui dans les premiers centimètres du sol ▶

Solicaz

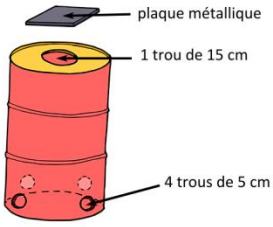
Comment fabriquer du charbon ?

Le charbon est facilement disponible en Guyane : supermarchés, petits commerces, achat sur les bords de route aux petits producteurs,… Mais il peut aussi être envisagé de fabriquer soi-même son charbon. Le bois servant de matière première est présent partout !

Il existe plusieurs méthodes pour fabriquer du charbon de bois. La méthode détaillée ici est simple et ne nécessite qu'un bidon en métal (de type fût d'huile par exemple) faisant office de four. Le procédé se déroule en 5 étapes.

① Fabrication du four

- Faire un trou de 15 cm dans le couvercle;
- Percer 4 trous de 5 cm bien répartis sur les flancs en bas du fût;
- Prévoir une plaque métallique pour boucher le trou supérieur.

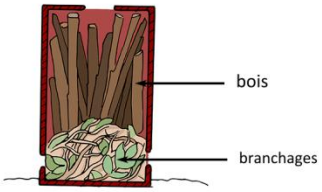


Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

② Remplissage avec du bois bien sec

Commencer par remplir le four de branchages bien secs puis mettre le bois à carboniser verticalement dessus.

Choisir de préférence des branches de 3 à 8 cm de diamètre, ou sinon du bois fendu ou scié.



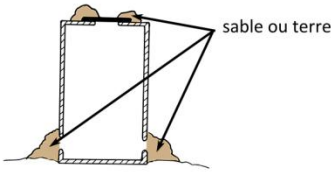
③ Allumage

Allumer les branchages par les orifices.

Une fumée opaque sortira rapidement du four, d'abord blanche puis jaunâtre et, après un certain temps seulement, quelques volutes bleutées. C'est à ce moment que la carbonisation est finie et qu'il faut étouffer le four.

④ Étouffement

Fermer et étancher les entrées d'air.
Mettre une plaque sur l'orifice supérieur, étanchez avec un tas de sable ou de terre. Recouvrer les orifices latéraux de terre ou de sable.



⑤ Récupération du charbon

Bien attendre que le fût soit refroidi (température ambiante) pour récupérer le charbon.

Comment utiliser le charbon ?

1- Plus les morceaux de charbon sont petits, plus ils offrent une surface de contact importante. Il est donc recommandé de broyer le charbon en particules de taille inférieure à 2 mm de diamètre.

2- Épandre le charbon sur le sol ; la densité recommandée est de 2 kg de charbon par m².

3- Mélanger superficiellement le charbon sur les 10 à 20 premiers cm du sol (peut se faire au gyrobroyeur).

Solicaz

Broyage du charbon à la pelle mécanique ▶

Solicaz

Épandage de charbon broyé et de fumier avant passage du gyrobroyeur pour enfouissement ▲

Charbon de bois VS Biochar

Le charbon à usage agricole est souvent appelé «Biochar » à tort. En effet ces deux éléments se distinguent par leur **composition** de base et par leur procédé de **transformation**.

Le Biochar est obtenu à partir de composés **divers** et pas seulement de bois : paille, fumier, balle de riz, rémanents de défriche, déchets verts en tous genres... Ces composés sont ensuite placés dans un **milieu pauvre en oxygène** et portés à très haute température (>500°C) par **pyrolyse**. Ce procédé permet d'éliminer les éventuelles traces de goudrons ou d'éléments potentiellement nuisibles aux cultures. Il existe sur le marché des appareils permettant de fabriquer le Biochar. Un achat commun au sein d'une association d'agriculteurs pourrait permettre de rendre ce produit disponible à un prix très abordable.

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Le charbon de bois à usage agricole

2015

Fiche technique

Terra preta, une des terres les plus fertiles du monde à base de charbon

La *terra preta* se caractérise par une **terre noire extrêmement fertile**. Il s'agit d'un sol artificiel que l'on retrouve encore aujourd'hui en forêt amazonienne, notamment en Guyane, créé il y a plusieurs milliers d'années par une civilisation précolombienne. Ce sol d'origine anthropique est composé d'un mélange complexe d'amendements : charbon de bois associé principalement à des cendres, des résidus de récolte compostés, du fumier d'origine animale, des arrêtes de poissons et des os broyés !

Avantages et inconvénients des apports de charbon

AVANTAGES

- Matière première facilement disponible en Guyane (arbres en bordure de parcelle)
- Facile à produire
- Longue durée de vie (plusieurs centaines d'années !)
- Améliore la structure du sol, la disponibilité en éléments nutritifs et en eau pour les cultures
- Zone de refuge pour les micro-organismes du sol indispensables à la transformation de la matière organique en éléments nutritifs assimilables par les cultures

INCONVÉNIENTS

- Nécessite une transformation de la matière première (achat/construction d'un four)
- Certains composés pourraient être nuisibles pour les cultures (à confirmer)

Des premiers résultats prometteurs en Guyane

Dans le cadre du projet GUYAFER (amélioration de la fertilité des sols en Guyane) du RITA (Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole), plusieurs expérimentations à base de charbon ont été menées. L'application de charbon de bois et de fumier sur une culture maraîchère (chou pommé) conduite sur sol sableux, améliore de 20% la qualité du sol* par rapport à une même culture associée à du fumier seul.

Un autre essai sur aubergine a été mené avec différentes préparations du sol :

- charbon + calcaire + fumier (≈ *terra preta*)
- engrais chimiques + calcaire + fumier

L'itinéraire comprenant du charbon a permis d'améliorer de 44% la qualité du sol et d'obtenir un meilleur développement de la culture.

Solicaz

Terra preta (à gauche) et pratique habituelle (à droite) ▲ sur culture d'aubergine, 4,5 mois après plantation

* la qualité du sol est évaluée à partir de bio-indicateurs basés sur la mesure de l'activité des micro-organismes (respiration)

Bibliographie

Lehman & Rondon (2006): *Bio-Char Soil Management on Highly Weathered Soils in the Humid Tropics*. Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. - **Cernansky** (2015): *State of the art soil*. Nature (517). - **Lettre d'information Pro-Natura** (2013): *Pour une agriculture très productive et écologique avec le biochar*. - http://temotec.sa.free.fr/fabrication-du-charbon-de-bois.php

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Charbon – fiches individuelles des essais

Charbon – Matiti – culture de chou pommé

Charbon sur cultures de chou pommé,

Lycée agricole de Matiti (Centre Guyane)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : EPLEFPA

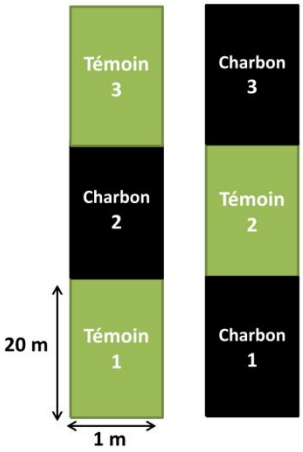
Système de culture : Maraîchage sur billons, 1 cycle de culture suivis : Chou pommé (famille des Brassicacées)

Amendements organique testé : charbon de bois broyé avec enfouissement sur les premiers centimètres de sol

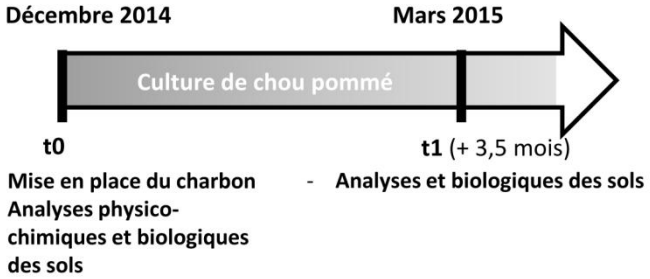
Quantité de charbon: environ 2 kg/m²

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : charbon et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 20 m² (sur 2 billons)
- Nombre de répétitions par modalité: 3 (disposés en quinconce sur 2 billons)
- Un apport de fumier a été effectué en début de culture sur l'ensemble de la parcelle



Photos :

.

Vue générale du dispositif après la pause du charbon avant gybroyage pour enfouissement dans le sol (à droite le charbon et le fumier, à gauche seulement du fumier)

Vue de la modalité charbon en fin de culture de chou. On remarque que des fragments de charbon sont toujours présents. Ils ont une longue durée de vie

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

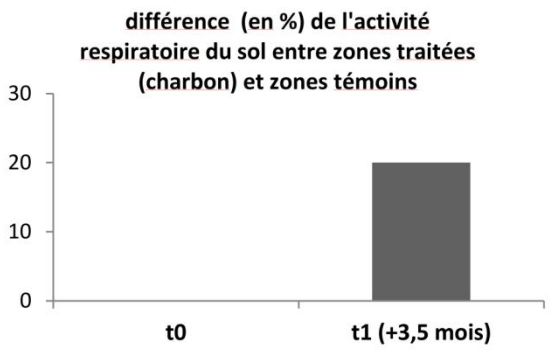
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableux	4,5	14,1	81,3	1,4	1,6	0,063	13,3	6,3	1
qualité	faible				moyen	faible	faible	bon	bon	moyen

- Sol à dominance sableuse pouvant entrainer une perte important des éléments nutritifs présents,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures,
- Matière organique insuffisante entrainant une réserve d'azote pratiquement inexistante et un fonctionnement du sol insuffisant.

⇨ **Indice de fertilité : FAIBLE. Le sol seul ne peut pas assumer les besoins des cultures. Son rôle se réduit pratiquement à une fonction de support.**

Impact du charbon sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol avec et sans charbon à la mise en place de l'essai (t0), à la fin de la culture de chou (t1, +3.5 mois).



L'augmentation de la respiration du sol à la fin du cycle de culture (3,5 mois après l'ajour de charbon) permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due au charbon (+20 %). Cet amendement associé au fumier a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes permettront de mieux décomposer la matière organique pour fournir des éléments nutritifs aux plantes..

Cependant, il n'y pas de différence entre les modalités concernant l'activité dénitrifiante et la part de bactéries dénitrifiantes. De ce fait, le compost n'a pas stimulé une meilleure diversité des micro-organismes et n'a pas opéré de changements profonds de la structure des communautés.

CONCLUSION :

Le charbon ne nourrit pas les cultures mais a un fort pouvoir de rétention de la matière organique et sert d'abri pour les micro-organismes. Ainsi, il montre un effet bénéfique sur la fertilité de ce sol sableux facilement lessivable. Les micro-organismes actifs sont alors plus nombreux est favoriseront une meilleure décomposition de la matière organique en élément nutritif pour les cultures.

Charbon – Montsinéry – culture de concombres

Charbon sur culture de concombre,

Mr Hovel, Montsinéry (Centre Guyane)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : Biosavane

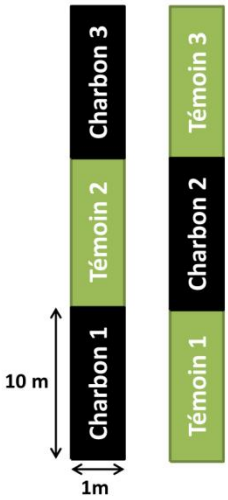
Système de culture : Maraîchage sur billons, culture suivie : Concombres (famille des Cucurbitacées)

Amendements organique testé : charbon de bois broyé avec enfouissement sur les premiers centimètres de sol

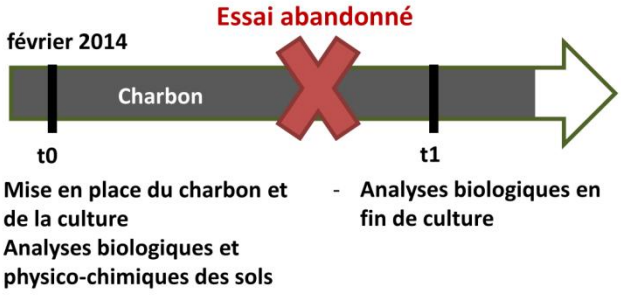
Quantité de charbon: environ 2 kg/m²

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : 2 modalités testées : charbon et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 10m²
- Nombre de répétitions par modalité: 3 (réparties en quinconce sur 2 billons)
- 1ère mise en culture.
- Les zones 2 et 3 ont été recouvertes de terre forestière
- Apport de fumier au pied des cultures
- **Essai abandonné pour cause de maladies des cultures**



Photos :

Broyage du charbon à la pelle mécanique

Vue générale des billons avant mis en place du dispositif

Charbon de bois broyé incorporé au sol

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol (à partir des moyennes des deux analyses réalisées : portions de billons recouvertes de terre forestière et portions de billons sans terre forestière) :

composantes	**type de sol**	**granulométrie (%)**			**teneur en matière organique (%)**	**CEC**	**N total (‰)**	**C/N**	**pH**	**indice qualité biologique**
		argiles	limons	sables						
valeurs	sablo-argileux	23	13	63	2,1	4,3	0,068	17,9	6,2	1
qualité	**bon**				**moyen**	**mauvais**	**mauvais**	**bon**	**bon**	**moyen**

- Sol sablo-argileux pouvant retenir la matière organique qui est ici de bonne qualité (terre forestière), mais :
- Une CEC incapable de stocker les éléments minéraux,
- Une réserve d'azote quasi-inexistante
- Un fonctionnement biologique moyen du sol

⇨ **Indice de fertilité : Moyen.**

Impact du charbon sur la fertilité du sol :

Seules les analyses biologiques initiales ont été effectuées. L'essai a par la suite été abandonné pour cause de maladie des cultures. L'impact du charbon sur la fertilité n'a donc pas pu être suivi sur cet essai.

***Terra preta* – Cacao – culture d'aubergines**

Terra preta sur cultures d'aubergines,

Parcelle du CFPPA, Cacao (Guyane Est)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : CFPPA, DAAF, Chambre d'agriculture

Système de culture : Maraîchage sur billons de terre forestière (première mise en culture), 1 cycle de culture suivi : aubergines (famille des Solanacées)

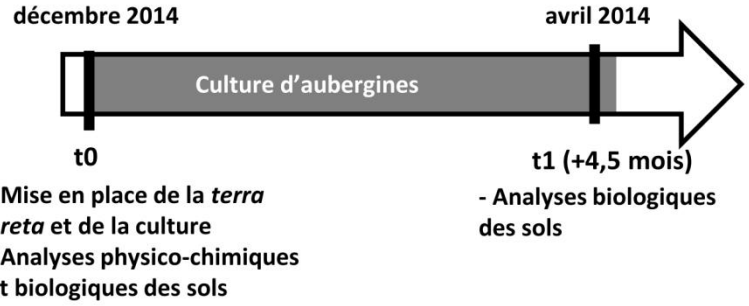
Amendements organique testé : *Terra preta* de fabrication artisanale

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental :

- 4 modalités testées : compost (CF), témoin (sol nu, T), pratique habituelle (engrais chimique, PH) et *terra-preta* (TP). Comparaison de la modalité T*erra-preta* avec les modalités Témoin et Pratique Habituelle. *Une autre fiche est réalisée pour l'étude du compost.*
- Taille unité expérimentale : 6 m²
- Nombre de répétitions par modalité: 3 (disposées en quinconce sur 2 billons)

	Doses apportées				
	Fumier granulés	Calcaire broyé	Engrais 12-12-24 (5 MgO)	Compost	Charbon
Pratique habituelle (PH)	240 g/m²	130 g/m²	20 g/plant (au pied)	0	0
compost (+fumier) (CF)	480 g/m²	260 g/m²	0	3/4 de brouette/m² (épaisseur 10 cm)	0
Terra preta (TP)	480 g/m²	260 g/m²	0	3/4 de brouette/m² (épaisseur 10 cm)	2 kg/m²
Témoin (T)	0	0	0	0	0



Photos :

Vue générale du dispositif : lors de sa mise en place (t0, à gauche) et 4,5 mois plus tard (t1, à droite)

Vue des différentes modalités 4,5 mois après la mise en place du dispositif (t1) :*Terra preta* à gauche, Pratique Habituelle au milieu et Témoin à droite. La culture est mieux développé sur *terra preta.*

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

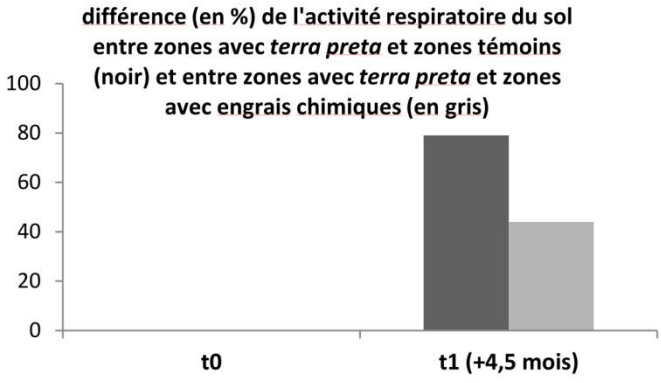
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	limono-argilo-sableux	29,2	41,8	29	6,42	12,4	0,3	23,2	5	0
qualité	bon				bon	moyen	bon	faible	moyen	faible

- Bonne qualité de la texture pouvant retenir la matière organique qualité et l'azote,
- Une très forte teneur en matière organique du à la parcelle issue d'une déforestation récente (mais de mauvaise qualité),
- Un fonctionnement des sols de faible qualité

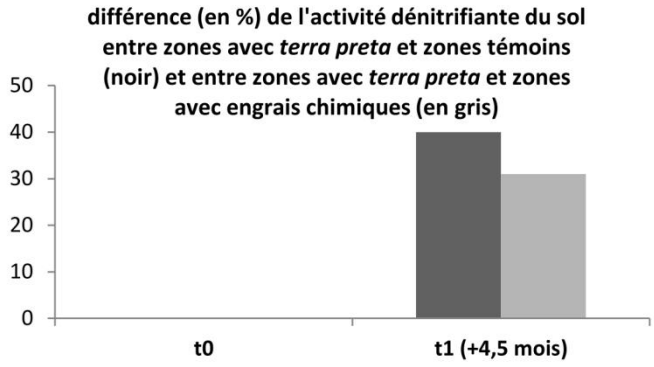
⇨ **Indice de fertilité : Moyen**

Impact de la *terra preta* sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol sur terra preta*, sur sol nu et sur sol avec engrais chimique à la plantation des aubergines (t0) et 4,5 mois après la mise en place du dispositif.*



En fin de culture d'aubergines, nous remarquons une augmentation de la respiration du sol qui permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due à la *terra preta* : +79% quand il est comparé à un sol sans apport et +44% quand il est comparé à la pratique habituelle de l'agriculteur engrais chimique). Cet amendement a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes permettront de mieux décomposer la matière organique pour fournir des éléments nutritifs aux plantes.



L'activité dénitrifiante est également meilleure sous *terra preta* (+40% par rapport au témoin et +31% par rapport à la pratique habituelle). Les bactéries dénitrifiantes ont comme caractéristique d'être très diversifiées à la fois au niveau des espèces mais également au niveau des fonctions qu'elles remplissent. C'est un avantage dans le sens où la vie microbienne aura plus de chance de résister face à des perturbations.

Cependant, il n'y pas de différence entre les modalités concernant la part de bactéries dénitrifiantes (résultat non-montré). De ce fait, la *terra preta* n'a pas stimulé un changement de structure des communautés.

CONCLUSION :

La *terra preta* a ici montré un effet bénéfique sur la fertilité de ce sol. Les micro-organismes actifs, plus nombreux et plus diversifiés, favoriseront une meilleure décomposition de la matière organique en élément nutritif pour les cultures. La rétention de ces éléments est à la fois orchestrée par la teneur satisfaisante en argile du sol et par la présence des composés charbonnés de la *terra preta* jouant le rôle d'éponge. Il est ainsi probable que cette amélioration de la fertilité se maintienne.

Charbon – fiche synthétique des résultats

SYNTHESE - Impacts de l'utilisation de charbon et de *terra preta* sur la fertilité des sols

Tableau 1 : récapitulatif des résultats de tous les essais menés sur charbon (N=3) et terra preta (N=1). Les mesures (respiration, dénitrification et ratio DEA/SIR) sont réalisées à différent stade d'expérimentation (t0 : à la mise en place de l'expérimentation, t1 : un an après la mise en place de l'essai). Dans chaque case : la première ligne précise le moment où ont été faites les mesures. La deuxième ligne nous donne les valeurs moyennes des activités biologiques mesurées pour la modalité Témoin (T) et la modalité traitée. 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 – voir fiche « Outils statistiques). Enfin, la troisième ligne renseigne de la différence en pourcentage entre la modalité Charbon ou *terra preta* et la modalité Témoin (en rouge quand les valeurs sont plus grandes pour la modalité Charbon ou *terra preta*), ns : différence non-significative entre les 2 modalités. Pour plus de détails sur les expérimentations, se reporter aux fiches individuelles des essais.

		activité respiratoire (µg C-CO2/g sol/h)		**Dénitrification** (µg N-N2O/g sol/h)		**ratio DEA/SIR**	
		t0	**t1**	**t0**	**t1**	**t0**	**t1**
CHARBON	Montsinéry -aubergine	VRAI (1,44) charbon = T (1,44) ns	essai abandonné	VRAI (0,14) charbon = T (0,15) ns	essai abandonné	VRAI (0,021) charbon = T ns	essai abandonné
	Matiti- chou pommé ESSAI 1	VRAI (4,46) T > charbon (3,23) **+ 27 %**	essai abandonné	VRAI (0,23) T = charbon (0,15) ns	essai abandonné	VRAI (0,021) T = BRF (0,016) ns	essai abandonné
	Matiti - chou pommé ESSAI 2	+ 1 semaine (7,11) Charbon = T (7,06) ns	+ 3,5 mois (14,4) charbon > T (12,0) **+ 20 %**	+ 1 semaine (0,23) T = charbon (0,23) ns	+ 3,5 mois (0,70) T = charbon (0,77) ns	+ 1 semaine (0,013) T = charbon (0,010) ns	+ 3,5 mois (0,016) T = charbon (0,014) ns
Terra preta	Cacao - aubergine	VRAI (2,84) Terra preta= T (2,71) ns	+ 4,5 mois (7,33) Terra preta> T (4,09) **+ 79 %**	VRAI (0,26) Terra preta = T (0,41) ns	+ 4,5 mois (0,97) Terra preta > T (0,69) **+ 40%**	VRAI (0,026) Terra preta = T ns	+ 4,5 mois (0,045) Terra preta = T ns

Les deux premiers essais charbon ont été abandonnés suite à des problèmes de maladies des cultures. Seules les mesures initiales à t0 ont été faites. Pour le charbon, nous allons donc focalisé les résultats sur la seule expérimentation qui a été complétement suivi (Essai n°2 à Matiti).

Il n'était pas prévu à l'origine de suivre les impacts de la terra preta *sur la fertilité des sols dans le programme GUYAFER. Toutefois, la fabrication artisanale de* **terra preta** ***est basée sur du charbon de bois et du compost****, 2 amendements testés dans GUYAFER. Les bienfaits de la* terra preta *sur la fertilité des sols sont souvent vantés. Nous avons alors saisi l'opportunité de suivre une expérimentation qui a été mise en place avec plusieurs partenaires sur la parcelle du CFPPA de Cacao.*

Une amélioration de la fertilité des sols par l'utilisation de charbon et de *terra preta*

Sur l'expérimentation charbon de Matiti, les zones traitées sont constituées de charbon de bois broyé associé à du fumier alors que les zones témoins contiennent uniquement du fumier (seul le charbon de bois différencie les deux modalités). Les résultats montrent que 3.5 mois après la mise en place du dispositif, l'activité respiratoire est plus importante sous la modalité avec charbon (+20% par rapport aux zones témoins 3.5 mois après sa mise en place, Tableau 1Tableau). Le charbon a permis d'améliorer la qualité du sol. En parallèle, l'absence de différence significative entre les modalités pour l'activité dénitrifiante et le ratio DEA/SIR indique que c'est l'ensemble de la microflore qui a été favorisé par la présence du charbon.

L'essai *terra preta* indique lui aussi que la *terra preta* induit une augmentation de l'activité respiratoire (Tableau ; +79% d'augmentation par rapport à une zone témoin sans apport). Par contre, contrairement à l'essai charbon, cet amendement va mener à une augmentation de l'activité dénitrifiante et donc augmenter la diversité microbienne des sols. En effet, les dénitrifiants sont pris comme indice de diversité car ils représentent une communauté très diversifiée qui peuvent réaliser d'une manière spécifique ou redondante, tout un panel de fonctions du sol. La présence de cette diversité confère au sol une meilleure résistance et résilience face à des perturbations environnementales (comme par exemple une exploitation répétée ou intensive des sols agricoles).

L'essai *terra preta* montre des effets bénéfiques plus prononcés que le charbon de bois seul : meilleure activité respiratoire et dénitrifiante du sol. La différence entre les deux modalités est que pour la confection artisanale de la *terra preta*, du charbon **et** du compost ont été utilisés. Le compost va augmenter la fertilité des sols (voir fiche de synthèse compost) et le charbon associé va améliorer son effet et le maintenir.

Le charbon de bois n'est pas un engrais, il ne va pas nourrir les cultures. Son effet est dû à sa structure poreuse qui permet de retenir l'eau, la matière organique et les éléments minéraux. Il représente alors des niches riches en éléments nutritifs favorables au développement des micro-organismes. Associé avec des amendements organiques, tel du compost ou fumier, il va apporter un effet bénéfique sur la fertilité du sol. Cet effet

« éponge » est d'autant plus bénéfique sur des sols sableux facilement lessivables. Il est prévu d'étudier dans la prochaine programmation RITA les associations entre le charbon et différents amendements (BRF, cendres, engrais chimiques,…) afin de prolonger les effets fertilisants de ces derniers.

Un autre intérêt du charbon est qu'il est peu coûteux, durable et facilement disponible en Guyane. La défriche ou la forêt proche permet de se procurer du bois aisément. La fabrication du charbon à partir de bois n'est pas difficile (voir la fiche technique sur le charbon de bois) et une fois incorporé dans le sol, il peut rester efficace de nombreuses années.

Le charbon utilisé dans les expérimentations GUYAFER est un charbon de bois « classique ». Or, il existe un charbon destiné exclusivement à un usage agricole : le Biochar. Il est obtenu à partir de composés divers et pas seulement de bois : paille, fumier, balle de riz, rémanents de défriche, déchets verts en tout genre... Une pyrolyse à très forte température permet d'éliminer les éventuelles traces de goudrons ou d'éléments potentiellement nuisibles aux cultures. Il existe sur le marché des appareils permettant de fabriquer le biochar. La prochaine programmation du RITA pourrait permettre de tester son efficacité.

COMPOST

Compost – fiche technique

Le compost

2015

Fiche technique

Qu'est-ce que le compost ?

Le compostage est un procédé naturel correspondant à la décomposition de déchets organiques (végétaux et animaux) par un processus biologique. En présence d'eau et d'oxygène, les matières organiques vont se transformer sous l'action de bactéries, champignons et petits organismes. Le compost améliore la structure du sol et augmente sa fertilité biologique. Il apporte des éléments nutritifs pour les cultures, progressivement libérés par l'action des micro-organismes.

Solicaz

Tas de compost provenant de la station de compostage de Matoury, recouvert d'une bâche plastique ▶

Pourquoi réaliser son compost ?

→ Le compostage est une manière de recycler des déchets, donc de réaliser une bonne action écologique.

→ Le compost est un engrais de qualité qui remplace les engrais chimiques.

Comment fabriquer du compost ?

Le compostage des déchets organiques est une technique simple mais qui nécessite toutefois une attention régulière. Le tas de compost doit être au contact du sol, où se trouvent les micro-organismes dont il a besoin pour sa décomposition, et doit être bien aéré à la base.

Réussir son compost c'est :

- Mélanger des résidus humides ou azotés (ex : herbes fraîches, déchets de cuisine,...) et des couches de résidus secs ou carbonés (ex : sciure et copeaux de bois, feuillages, paille). Penser à fragmenter les déchets car plus les déchets sont petits, plus le compost arrivera à maturité rapidement.
- Retourner le tas de compost toutes les 3 semaines environ pour permettre l'aération et ainsi favoriser la décomposition.
- Arroser quand le tas est trop sec et l'assécher quand il est trop humide (par ajout de matière carbonée).

Il est préférable de protéger le tas de la pluie et du soleil.
Le compost est prêt à être utilisé après 4 à 12 mois de compostage.

Les 3 équilibres pour réussir son compost

Pour se former efficacement, un compost doit respecter trois grands équilibres :

1. **Équilibre azote/carbone** : pour composter, le mélange doit être équilibré en matières azotées et carbonées. Idéalement, il faut environ 30 fois plus de carbone que d'azote (C/N=30).
2. **Équilibre hydrique** : les micro-organismes responsables de la fermentation ont besoin d'eau, il en faut donc une quantité suffisante dans le compost, mais pas trop importante car cela empêcherait ces micro-organismes de respirer.
3. **Équilibre structurel** : le tas de compost ne doit pas être trop tassé car cela entraînerait un manque d'air. Inversement, un tas de compost trop aéré s'assécherait très vite.

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Comment utiliser le compost ?

Le **compost jeune** à demi-décomposé (présence d'éléments grossiers non-décomposés) peut être utilisé en paillage pour couvrir le sol avant plantation.

Le **compost mûr** (bien décomposé, de couleur noire) peut être utilisé comme amendement organique sur culture. Une couche de 5 cm peut être appliquée en maraîchage. Il est possible d'incorporer le compost à la terre, notamment pour les semis.

AVANTAGES

- Permet de valoriser les déchets de maison et d'exploitation
- Meilleure rétention d'eau du sol
- Meilleure perméabilité à l'eau et à l'air
- Améliore la structure du sol
- Limite l'érosion
- Améliore le pH des sols
- Stimule l'activité microbienne, ce qui permet un enrichissement du sol en éléments nutritifs pour les cultures

INCONVÉNIENTS

- Nécessite un petit temps de travail et un savoir-faire pour une production de qualité

Des premiers résultats prometteurs en Guyane

Dans le cadre du projet GUYAFER (amélioration de la fertilité des sols en Guyane) du RITA (Réseau d'Innovation et de Transfert Agricole), plusieurs expérimentations faisant intervenir du compost ont été menées. Sur un essai de plantation d'aubergines sur billons, la modalité compost (associé avec du fumier et du calcaire) a été comparée à une pratique habituelle (engrais, fumier et calcaire).

Il en ressort le fait que le compost a tendance à améliorer la fertilité du sol (+66% de biomasse microbienne active par rapport à la pratique habituelle). Même si l'expérimentation n'est à ce jour pas achevée, il semble que la culture d'aubergines associée se développe bien mieux sur les billons accueillant le compost.

Solicaz

Compost (à gauche) et pratique habituelle (à droite) sur culture d'aubergine, 4,5 mois après plantation

Bibliographie www.univers-nature.com - http://www.botanic.com/jardinerie/les-conseils/entretenir-son-compost - Fiches techniques de l'APAPAG (Guyane)

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Compost – fiches individuelles des essais

Compost- Cacao – culture de concombres et cornichons

Compost sur cultures de cornichons et concombres, Mr Bézert, Cacao (Guyane Est)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

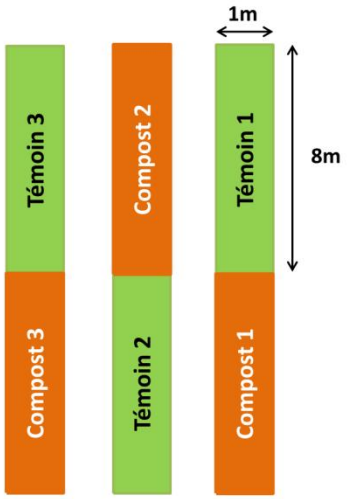
Partenaire : CFPPA

Système de culture : Maraîchage sur billons de terre forestière (première mise en culture), 1 cycle de culture suivi : cornichons et concombres (famille des Cucurbitacées)

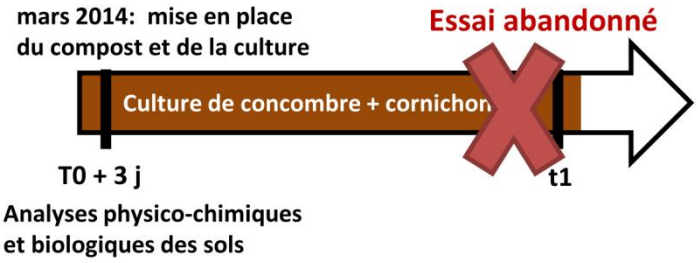
Amendements organique testé : compost provenant de la station de Matoury mélangé avec du compost d'écorce d'arbres

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : compost et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 8 m²
- Nombre de répétitions par modalité: 3 (disposées en quinconce sur 3 billons)
- **Essai abandonné pour cause de trop forte mortalité des cultures**



Photos :

Vue générale du dispositif

Zoom sur une modalité témoin (arrière-plan) et une modalité compost (premier plan)

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

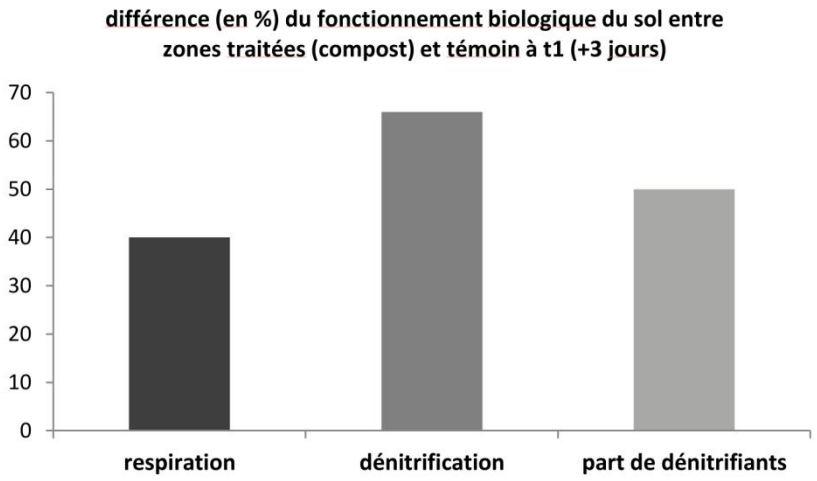
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	argileux	40	44,8	15,1	10,77	12,3	0,27	23,2	5,1	1
qualité	**moyen**				**bon**	**moyen**	**bon**	**faible**	**moyen**	**moyen**

- Sol à dominance argileuse pouvant retenir la matière organique qualité et l'azote,
- Une très forte teneur en matière organique due à la parcelle issue d'une déforestation récente, mais de mauvaise qualité
- Un fonctionnement des sols de moyenne qualité

⇨ **Indice de fertilité : Moyen**

Impact du compost sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol avec et sans compost 3 jours après la mise en place du compost et de la culture.



Dès le troisième jour, nous remarquons une augmentation de la respiration du sol qui permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due au compost (+40 %). Cet amendement a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes permettront de mieux décomposer la matière organique pour fournir des éléments nutritifs aux plantes.

De même, nous remarquons une amélioration de l'activité dénitrifiante (+66%) et une plus forte proportion de bactéries dénitrifiantes (+50%) sur le compost. Les dénitrifiants présentent un grand nombre d'espèces capables de réaliser différentes fonctions. Cet amendement stimule alors une meilleure diversité des micro-organismes rencontrés. Cette diversité est synonyme de meilleure résistance des sols face à des perturbations environnementales ou dues un travail prolongé des terres agricoles.

CONCLUSION :

Le compost a ici montré un effet bénéfique sur la fertilité de ce sol très rapidement. Les micro-organismes actifs, plus nombreux et plus diversifiés, favoriseront une meilleure décomposition de la matière organique en élément nutritif pour les cultures. L'essai n'a pas pu être terminé mais de par la texture argileuse des sols qui permet de retenir la matière organique et les éléments nutritifs, il est probable que cette amélioration dure dans le temps.

Compost - Cacao – culture d'aubergines

Compost sur cultures d'aubergines,

Parcelle du CFPPA, Cacao (Guyane Est)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : CFPPA, DAAF, Chambre d'agriculture

Système de culture : Maraîchage sur billons de terre forestière (première mise en culture), 1 cycle de culture suivi : aubergines (famille des Solanacées)

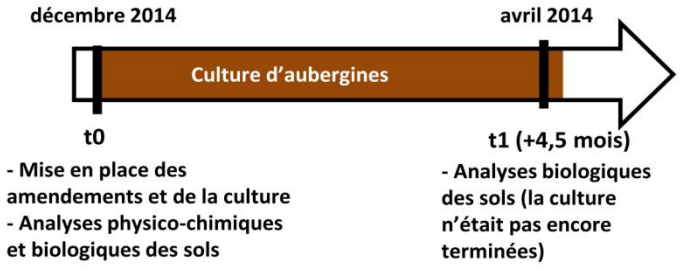
Amendements organique testé : compost issu de la station de Matoury (Guyane)

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental :

- 4 modalités testées : compost (CF), témoin (sol nu, T), pratique habituelle (engrais chimique, PH) et *terra-preta* (TP). Comparaison de la modalité Compost avec la modalité Témoin et avec la modalité Pratique habituelle. *Une autre fiche est réalisée pour l'étude de* terra-preta.
- Taille unité expérimentale : 6 m²
- Nombre de répétitions par modalité: 3 (disposées en quinconce sur 2 billons)

	Doses apportées				
	Fumier granulés	Calcaire broyé	Engrais 12-12-24 (5 MgO)	Compost	Charbon
Pratique habituelle (PH)	240 g/m²	130 g/m²	20 g/plant (au pied)	0	0
compost (+fumier) (CF)	480 g/m²	260 g/m²	0	3/4 de brouette/m² (épaisseur 10 cm)	0
Terra preta (TP)	480 g/m²	260 g/m²	0	3/4 de brouette/m² (épaisseur 10 cm)	2 kg/m²
Témoin (T)	0	0	0	0	0



Photos :

Vue générale du dispositif : lors de sa mise en place (t0, à gauche) et 4,5 mois plus tard (t1, à droite)

Vue des différentes modalités 4,5 mois après la mise en place du dispositif (t1) : Compost à gauche, Pratique Habituelle au milieu et Témoin à droite. La culture est bien mieux développée sur compost.

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

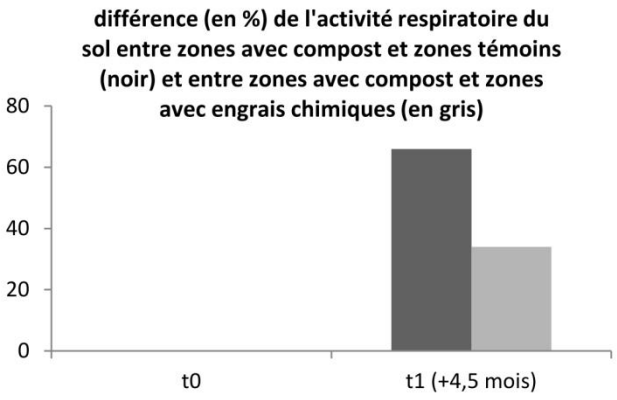
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	limono-argilo-sableux	29,2	41,8	29	6,42	12,4	0,3	23,2	5	0
qualité	bon				bon	moyen	bon	faible	moyen	faible

- Bonne qualité de la texture pouvant retenir la matière organique qualité et l'azote,
- Une très forte teneur en matière organique du à la parcelle issue d'une déforestation récente (mais de mauvaise qualité),
- Un fonctionnement des sols de faible qualité

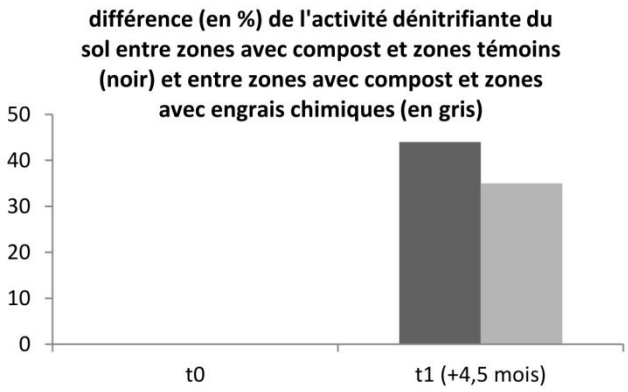
⇨ **Indice de fertilité : Moyen**

Impact du compost sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement des sols sur compost + fumier, sur sol avec engrais chimiques et sur sol nu à la plantation des aubergines (t0) et 4,5 mois après la mise en place du dispositif.



En fin de culture d'aubergines, nous remarquons une augmentation de la respiration du sol qui permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due à l'apport de compost et de fumier (+66 % par rapport au témoin, +34 % par rapport à la pratique habituelle avec engrais chimique). Cet amendement a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes permettront de mieux décomposer la matière organique pour fournir des éléments nutritifs aux plantes.



L'activité dénitrifiante est également meilleure sous compost (+44% par rapport au témoin et +35% par rapport à la pratique habituelle). Les bactéries dénitrifiantes ont comme caractéristique d'être très diversifiées à la fois au niveau des espèces mais également au niveau des fonctions qu'elles remplissent. C'est un avantage dans le sens où la vie microbienne aura plus de chance de résister face à des perturbations (comme par exemple un travail répété des terres agricoles).

Cependant, il n'y pas de différence entre les modalités concernant la part de bactéries dénitrifiantes (résultat non-montré). De ce fait, le compost n'a pas stimulé un changement de structure des communautés.

CONCLUSION :

Le compost a ici montré un effet bénéfique sur la fertilité de ce sol. Les micro-organismes actifs, plus nombreux et plus diversifiés, favoriseront une meilleure décomposition de la matière organique en élément nutritif pour les cultures. La teneur argileuse des sols permet de retenir la matière organique et les éléments nutritifs. Il est ainsi probable que cette amélioration de la fertilité se maintienne.

Compost – fiche synthétique des résultats

SYNTHESE - Impacts de l'utilisation de compost sur la fertilité des sols

Tableau 1 : récapitulatif des résultats de tous les essais menés sur compost (N=2). Les mesures (respiration, dénitrification et ratio DEA/SIR) sont réalisées à différent stade d'expérimentation (t0 : à la mise en place de l'expérimentation (charbon + culture), t1 : à la fin de la culture associée. Dans chaque case : la première ligne précise le moment où ont été faites les mesures. La deuxième ligne nous donne les valeurs moyennes des activités biologiques mesurées pour la modalité Témoin (T) et la modalité avec Compost. 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 – voir fiche « Outils statistiques). Enfin, la troisième ligne renseigne de la différence en pourcentage entre la modalité Compost et la modalité Témoin (en rouge quand les valeurs sont plus grandes pour la modalité Compost), ns : différence non-significative entre les 2 modalités. Pour plus de détails sur les essais, se reporter aux fiches individuelles.

	activité respiratoire (µg C-CO2/g sol/h)		**Dénitrification** (µg N-N2O/g sol/h)		**ratio DEA/SIR**	
	t0	**t1**	**t0**	**t1**	**t0**	**t1**
Cacao - **compost** - concombre+cornichon	+ 3 jours (4,15) compost > T (2,95) **+ 40 %**	essai abandonné	+ 3 jours (1,28) compost > T (0,77) **+ 66 %**	essai abandonné	+ 3 jours (0,18) compost > T (0,12) **+ 50 %**	essai abandonné
Cacao - **compost+fumier** - aubergine	VRAI (2,99) compost = T (2,71) ns	+ 4,5 mois (6,8) compost > T (4,09) **+ 66%**	VRAI (0,48) compost = T (0,41) ns	+ 4,5 mois (1,00) compost >T (0,69) **+ 44%**	VRAI (0,061) compost = T (0,047) ns	+ 4,5 mois (0,050) compost = T (0,055) ns

Une amélioration de la fertilité des sols par l'utilisation de compost.

Une biomasse microbienne active plus importante

Le compost a induit une augmentation de l'activité respiratoire sur les deux essais mis en place (Tableau 1 ; +44% et +66% d'augmentation selon les essais). Cela signifie que le compost augmente la biomasse microbienne active du sol. Cette biomasse plus importante va alors stimuler la minéralisation de la matière organique et accroitre la biodisponibilité des nutriments pour les cultures.

Une stimulation de diversité microbienne

L'activité dénitrifiante est également plus importante sous compost par rapport à un sol nu (Tableau 1 ; +40% et +66% d'augmentation selon les essais). Cette activité est régie par une petite proportion de micro-organismes mais qui sont très diversifiés, à la fois au niveau de leur diversité spécifique mais aussi des fonctions qu'ils réalisent. Toutefois cela n'implique pas qu'il y'ait une plus forte proportion de dénitrifiants car la biomasse totale active (définit par l'amélioration de la respiration) a également augmenté. Sur l'essai de Cacao sur concombres et cornichons, le ratio dénitrification/respiration (DEA/SIR) montre une plus grande part de la communauté dénitrifiante, cela veut dire qu'elle est ici favorisée. Concrètement, la stimulation de cette communauté à un impact direct sur la fertilité des sols : de par sa plus grande diversité, la vie microbienne aura plus de chance de résister face à des perturbations environnementales, telle qu'une exploitation répétée du sol.

Un effet immédiat du compost

Le compost issu de la station de compostage de Matoury mélangé avec du compost d'écorce d'arbres montre un effet rapide sur l'amélioration de la fertilité, dès le troisième jour. Cet amendement est composé de matière organique en décomposition où des micro-organismes sont déjà en activité. En plus d'apporter de la matière organique qui stimulera l'activité biologique des sols, on peut supposer un transfert des micro-organismes déjà actifs dans le compost vers le sol.

Un suivi sur une plus longue période de temps serait nécessaire pour étudier la durée de l'amélioration de la fertilité par dépôt de compost. En effet, ici, les analyses les plus tardives ont été réalisées à 4,5 mois. Etant donné que le compost est un composé organique

dégradé, il est probable que son action, bien que plus rapide, dure pas aussi longtemps qu'un BRF par exemple. Bien entendu, cela devrait dépendre de son degré de maturité.

PLANTES DE SERVICES

Plantes de services – fiche technique

Les plantes de services

2015

Fiche technique

Qu'est-ce qu'une plante de services?

En agriculture, les plantes de services sont des végétaux utilisés pour rendre des services écosystémiques aux agrosystèmes.

Quels services peuvent-elles rendre?

Gestion des ravageurs des cultures :

- Ravageurs aériens
- Parasites telluriques
- Contrôle des adventices
- Foyer pour insectes auxilliaires

Contribution à l'amélioration du sol et à la nutrition des cultures :

- Fertilisation (engrais vert)
- Structure du sol (plantes de couverture)
- Communautés vivantes du sol

Différents types de plantes de services

A Les plantes de couverture

DÉFINITION

Les plantes de couverture sont des espèces végétales utilisées essentiellement en agriculture pour remplir des fonctions bénéfiques aux cultures.
Dans un premier temps, leur implantation permet de couvrir le sol afin de le protéger.
Dans un second temps, selon les espèces, ces plantes peuvent assurer d'autres fonctions permettant d'accroître la fertilité des sols, de réduire les impacts négatifs sur l'environnement ou les cultures (enherbement, érosion...) et peuvent fournir des services écosystémiques (niches de biodiversité, hébergeurs d'auxiliaires des cultures...).

Il existe une grande diversité de plantes pouvant être utilisées pour la couverture du sol : Graminées, Légumineuses, racines et tubercules, Oléagineux, arbres. Chaque espèce présente des avantages différents.

MISE EN PLACE

Selon les espèces et la période d'implantation, les plantes de couverture peuvent être mises en place, sous forme de :

- Semis
- Plantules

Plantules de *Canavalia ensiformis* (photo: Solicaz)

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

UTILISATION

Il existe différents modes d'utilisation des plantes de couverture. Elles peuvent être utilisées en :

- rotation avec les cultures
- association avec les cultures comme couverture vivante ou en mulch

CALOPOGONIUM MUCUNOÏDES EN ASSOCIATION AVEC DES CITRONNIERS - JAVOUHEY *(PHOTO: SOLICAZ)*

CANAVALIA ENSIFORMIS SOUS FORME DE MULCH EN INTER-RANG DE PAPAYERS - JAVOUHEY *(PHOTO: SOLICAZ)*

MISE EN PLACE DE *CANAVALIA ENSIFORMIS* SUR JACHÈRE - MONTSINÉRY *(PHOTO: SOLICAZ)*

AVANTAGES/INCONVÉNIENTS

(+)

Effet mécanique

- maintient un taux d'humidité satisfaisant pour la culture associée
- limite le développement des adventices par étouffement et/ou concurrence pour la lumière
- stabilise le sol grâce à son appareil racinaire rampant

Effet biologique et chimique

- limite le lessivage des éléments nutritifs (stabilisation du sol par les racines)
- améliore la porosité du sol et le drainage interne, donc diminue les risques d'inondation
- utile en lutte biologique car abrite les insectes auxiliaires
- améliore la fertilité du sol : cas des plantes fixatrices d'azote
- rôle positif dans le stockage du carbone et dans l'apport de matière organique
- augmente la teneur en humus

(−)

Effet mécanique

- parfois envahissante
- sa décomposition peut entraîner un déficit en azote au début de la phase de croissance des cultures

Effet biologique et chimique

- compétition possible pour l'eau et les nutriments entre la plante de couverture et l'espèce cultivée
- peut éventuellement héberger des insectes néfastes pour la culture (appelés ravageurs ≠ insectes auxiliaires)

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

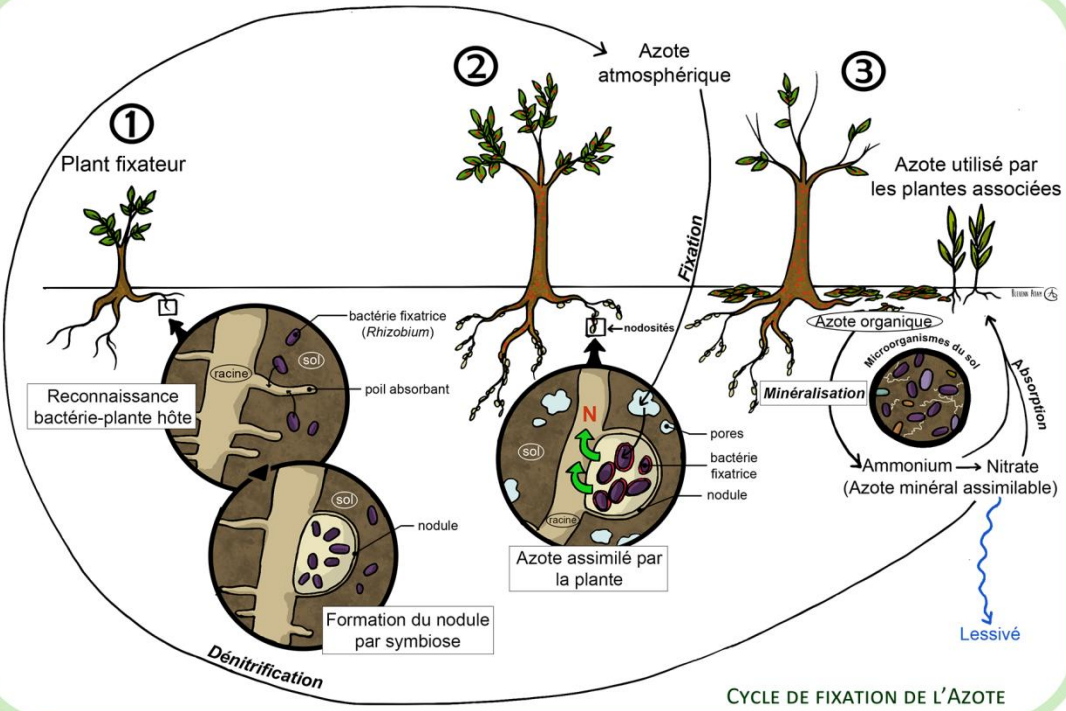
Comment fonctionne la fixation d'azote?

Les plantes fixatrices d'azote font partie de la famille des Légumineuses (Fabacées) ou des plantes de type actinorhizien. Elles ont la capacité de **s'associer** avec **certaines bactéries du sol** (*Rhizobium* pour les Légumineuses et *Frankia* pour les plantes actinorhiziennes) en les hébergeant au sein d'une structure généralement racinaire appelée **nodosité** ou **nodule**. Les deux partenaires forment ainsi une symbiose. Ces plantes fixatrices peuvent être des arbres, des arbustes ou des herbacées.

La **symbiose** est une association à bénéfices réciproques : les bactéries contenues dans les nodosités ont la capacité de transformer (= **fixer**) l'azote de l'air en une forme minérale (ammonium) assimilable par le végétal qui les héberge. Ces bactéries reçoivent en échange les sucres de la plante issus de la photosynthèse.

Cette symbiose va fournir au sol de la **matière organique** (feuilles mortes, branches, racines...) riche en azote. L'azote stocké dans les tissus végétaux est alors décomposé et minéralisé dans le sol : les éléments nutritifs ammonium (NH4+) et nitrate (NO3-) sont libérés et permettent aux cultures associées aux fixateurs d'azote de se développer.

En l'absence de bactéries, la fixation d'azote n'a pas lieu.



Cycle de fixation de l'Azote

Associée à des cultures de rendement, la symbiose fixatrice d'azote permet de permet d'**améliorer et/ou de maintenir la fertilité d'un sol**.

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Utilisation des plantes de services en Guyane

Des expérimentations ont été menées en Guyane dans le cadre du projet GUYAFER (amélioration de la fertilité des sols en Guyane) du RITA (Réseau d'Innovation et de Transfert agricole).

Ces dernières ont montré que, quelques mois après mise en place de plantes de couverture (*Canavalia ensiformis* et *Crotalaria spectabilis*), la biomasse microbienne active du sol est plus abondante que dans une zone témoin (sol nu), ce qui favorise la dégradation de la matière organique en éléments nutritifs. Les essais ont également mis en évidence que la capacité fixatrice de ces plantes de couverture est source d'apport en azote assimilable indispensable pour les cultures.

Couvert de *Crotalaria spectabilis* en maraîchage - Matiti *(photo: Solicaz)*

B Les arbres

L'**agroforesterie** est un mode d'exploitation des terres agricoles associant des plantations d'arbres aux cultures ou pâturages. D'une part, les arbres fournissent de l'ombrage pour les animaux et les cultures car ils accroissent leur capacité d'exploitation de l'espace aérien en s'étendant en hauteur. D'autre part, selon les espèces, les arbres peuvent :

- servir pour la production d'énergie (exploitation de leur biomasse après utilisation).
- permettre le développement d'une biodiversité d'insectes auxiliaires (certaines essences).
- posséder des propriétés insectifuges ou de dépollution des sols.
- être utilisés dans l'alimentation humaine (pulpe des graines).
- améliorer la structure et la fertilité des sols (arbres fixateurs d'azote).
- être utilisés en tant que haie.

Plantations d'Ingas sur jachère *(photo: Solicaz)*

Les plantes fixatrices d'azote peuvent être utilisées en agroforesterie, dans les prairies (association Légumineuses-Graminées) ou comme plantes de couverture dans les vergers. On a également recours à la fixation azotée pour limiter les temps de jachère (= parcelle non cultivée temporairement pour permettre le repos du sol) *(voir photo ci-dessus)* ou pour réhabiliter des sites dégradés.

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Plantes de services – fiches individuelles des essais

***Crotalaria spectabilis* – Matiti – culture d'aubergines amères**

Plante de couverture (PC) sur culture d'aubergine amère, Lycée agricole de Matiti (Centre Guyane)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

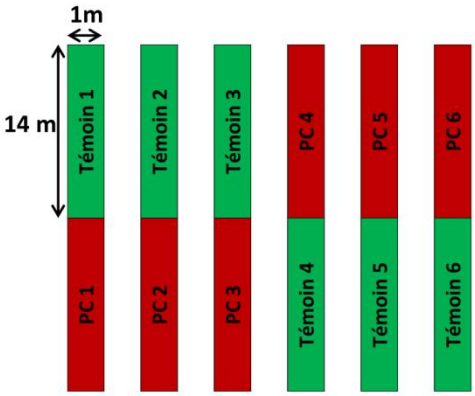
Partenaire : EPLEFPA

Système de culture : Maraîchage sur billons, culture suivie : Aubergine amère (famille des Solanacées)

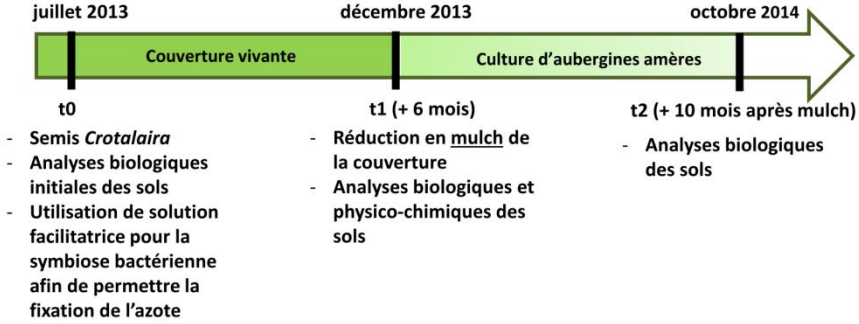
Amendements organique testé : plantes de couverture *Crotalaria spectabilis* en couverture vivante puis réduite en mulch lors de la mise en culture des aubergines.

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : *Crotalaria spectabilis* (460 graines/m²) et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 14 m² (sur 6 billons)
- Nombre de répétitions par modalité: 6
- Apport d'engrais 12-6-24 avant l'essai sur l'ensemble de la parcelle
- Parcelle auparavant sous serre



Photos :

Vue générale du dispositif 1 mois après les semis de *Crotalaria*

Vue de la nodulation sur des jeunes racines de *Crotalaria*

Vue générale des deux modalités à la fin de l'expérimentation (à gauche : témoin, à droite : PC, on remarquera que la couverture a limité l'enherbement)

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique du sol (à t1) :

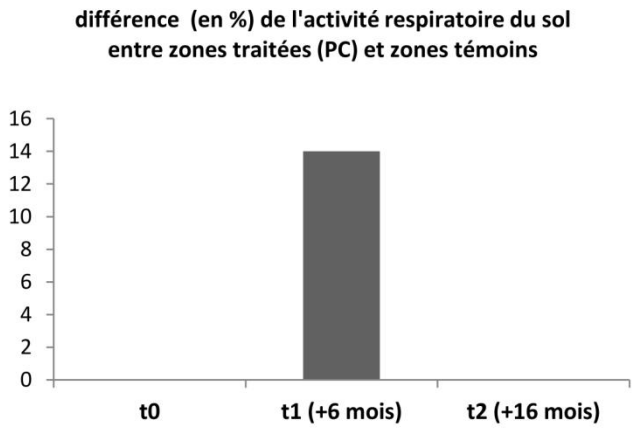
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableux	9,2	13,8	77	7,93	12,4	0,29	15,9	7,3	2
qualité	mauvais				bon	moyen	bon	bon	bon	bon

- Sol à dominance sableuse pouvant entrainer une perte importante des éléments nutritifs, mais avec
- Une CEC capable de stocker modérément les éléments minéraux
- Une teneur en matière organique suffisante et une réserve d'azote assez élevées
- Un bon fonctionnement biologique du sol

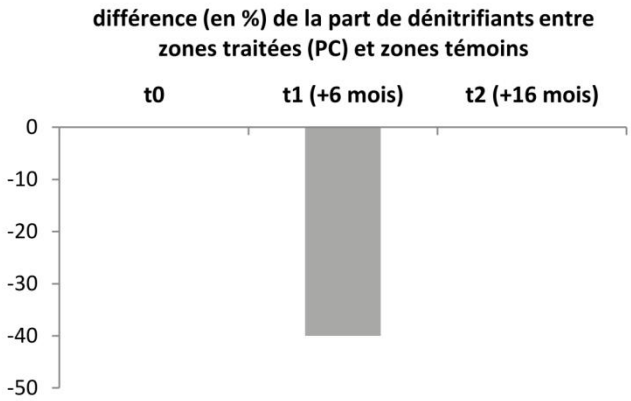
⇨ **Indice de fertilité : BON**

Impact des plantes de couverture sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol avec et sans plante de couverture à la plantation de la couverture vivante (t0), au moment de sa réduction en mulch (t1, +6 mois) et à la fin de la culture d'aubergines associée au mulch (t2, +16 mois).



L'augmentation de la respiration du sol à t1 (6 mois après les semis de la couverture) permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due aux plantes de couverture (+14 %). La couverture vivante a ainsi stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes sont stimulés par l'apport de matière organique (tombées de feuilles) et par les exsudats racinaires. Leur activité permettra de fournir des éléments nutritifs aux plantes par décomposition de la matière organique. Une fois broyée et décomposée (t2), la couverture ne montre plus d'impact du mulch sur l'activité biologique.



A la fin du cycle de couverture vivante, la part des dénitrifiants (responsables du relargage de l'azote dans l'atmosphère) est plus faible sous la couverture (-40 %). Cela signifie que d'autres micro-organismes ont été favorisés par la couverture, notamment des décomposeurs. Une fois broyée et décomposée (t2), les plantes de couverture ne montre plus d'impact sur ce changement de structuration des communautés.

CONCLUSION :

La plante de couverture *Crotalaria spectabilis* a montré ici un effet bénéfique sur la fertilité des sols. Cet effet est toutefois éphémère car l'effet n'a seulement été diagnostiqué qu'avant la réduction de la couverture en mulch. Le broyage n'a pas ici montré d'amélioration de la fertilité car, au moment des mesures, le mulch était totalement dégradé. Les éléments nutritifs issus de la décomposition de la matière organique apportée peuvent être perdus par l'effet de la pluie sur cette texture sableuse qui n'a pas la capacité de les retenir. Il est donc conseillé d'apporter régulièrement une source de matière organique. L'apport de charbon, permettant de retenir les éléments nutritifs par son rôle d'éponge, pourrait également être une solution pour le maintien de la fertilité.

***Crotalaria spectabilis* – Montsinéry – culture de concombres**

Plante de couverture sur culture de concombre,

Mr Hovel, Montsinéry (Centre Guyane)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

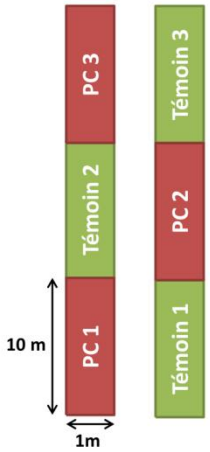
Partenaire : Bio-savane

Système de culture : Maraîchage sur billons, culture suivie : Concombres (famille des Cucurbitacées)

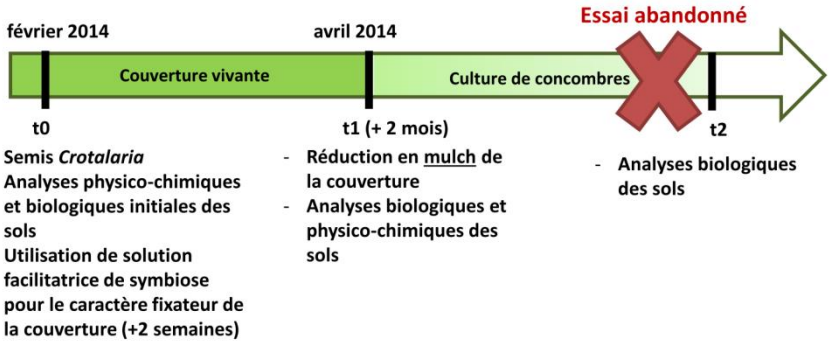
Amendements organique testé : plantes de couverture *Crotalaria spectabilis* en couverture vivante puis réduite en mulch lors de la mise en culture des concombres

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : *Crotalaria spectabilis* (460 graines/m²) et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 10m²
- Nombre de répétitions par modalité: 3 (réparties en quinconce sur 2 billons)
- Aucun apport d'engrais. 1ère mise en culture
- Les zones 2 et 3 ont été recouvertes de terre forestière
- **Essai abandonné après la réduction en mulch (pas d'installation de culture)**



Photos :

Vue d'une partie du dispositif 1 mois après les semis de *Crotalaria*

Vue de la nodulation sur des jeunes racines de *Crotalaria*

Vue d'une partie du dispositif 2 mois après les semis de *Crotalaria*, avant réduction en mulch

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol (issue des moyennes des deux analyses réalisées : portions de billons recouvertes de terre forestière et portions de billons sont terre forestière) :

composantes	**type de sol**	**granulométrie (%)**			**teneur en matière organique (%)**	**CEC**	**N total (‰)**	**C/N**	**pH**	**indice qualité biologique**
		argiles	limons	sables						
valeurs	sablo-argileux	23	13	63	2,1	4,3	0,068	17,9	6,2	1
qualité	**bon**				**moyen**	**mauvais**	**mauvais**	**bon**	**bon**	**moyen**

- Sol sablo-argileux pouvant retenir la matière organique qui est ici de bonne qualité (terre forestière), mais :
- Une CEC incapable de stocker les éléments minéraux,
- Une réserve d'azote quasi-inexistante,
- Un fonctionnement biologique moyen du sol

⇨ **Indice de fertilité : Moyen.**

Impact de la plante de couverture sur la fertilité du sol :

Aucune différence n'a été constatée concernant les activités biologiques entre zones témoins et zones avec BRF que ça soit lors de la mise en place de la couverture vivante ou 2 mois après (lors de la réduction en mulch). Le *Crotalaria spectabilis* n'a pas, ici, stimulé la vie microbienne : il n'y a pas plus de micro-organismes actifs (qui auraient favorisé la production d'éléments nutritif pour les cultures) ni plus de diversité microbienne sous cet amendement.

CONCLUSION :

Sur cet essai, *Crotalaria spectabilis* en tant que couverture vivante n'a pas montré d'impact sur la fertilité du sol. La série de mesures s'est effectuée 2 mois après les semis. Il était peut-être trop tôt pour l'observation d'un gain de fertilité : pas assez d'exsudats racinaires, ni de d'apport de matière organiques au sol par exemple par perte de feuilles. L'essai a malheureusement été abandonné; donc, la série de mesures sur l'impact de la décomposition du mulch de la couverture n'a pas pu être réalisée.

***Canavalia ensiformis* – Javouhey – culture de papayers**

Plante de couverture en arboriculture (papayers), Mr Xiong, Javouhey (Guyane Ouest)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

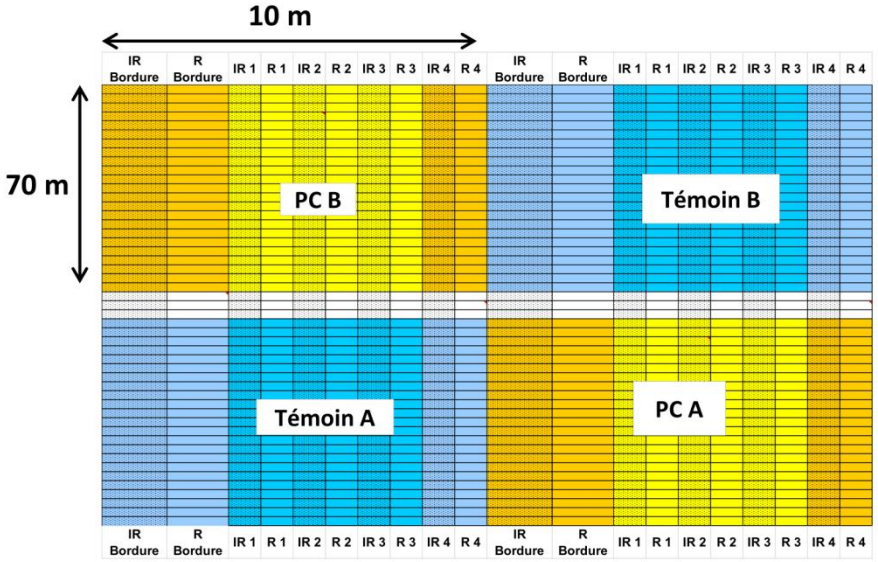
Partenaire : PFFLG, DAAF

Système de culture : Arboriculture, culture suivie : papayes (famille des Caricacées) sur les rangs

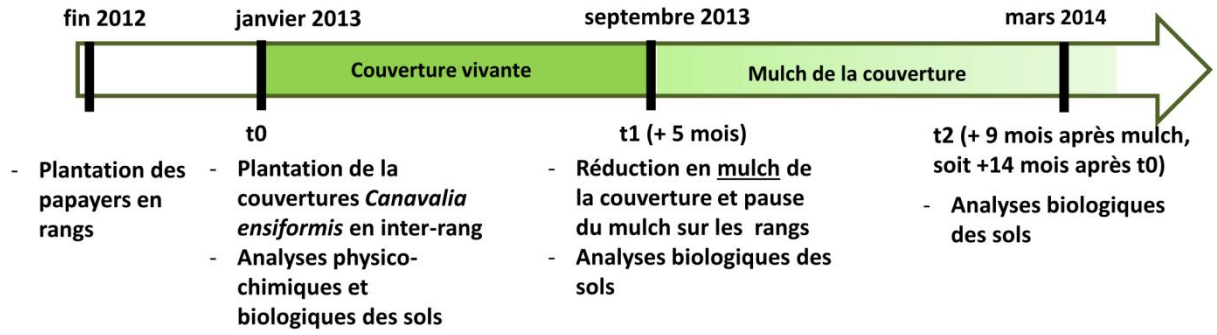
Amendements organique testé : plantes de couverture *Canavalia ensiformis* en inter-rang, puis réduction en mulch et dépôt du mulch sur les rangs au pied des papayers.

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental



- 2 modalités testées : plante de couverture *Canavalia ensiformis* (densité : 55 kg/ha) et témoin (culture seule)
- Taille unité expérimentale : 700m² (350m² de 4 rangs + 350m² inter-rangs)
- Nombre de répétitions par modalité: 2
- Apport d'engrais et désherbage chimique durant l'expérimentation



Photos :

Vue d'une partie du dispositif 5 mois après la mise en place de la couverture. A droite, un inter-rang avec *Canavalia*, à gauche un inter-rang témoin.

Zoom sur un nodule efficient sur des racines de *Canavalia*

Vue en fin d'expérimentation de rangs avec papayers ayant reçu le mulch de *Canavalia*. Des résidus du mulch sont toujours visibles.

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol:

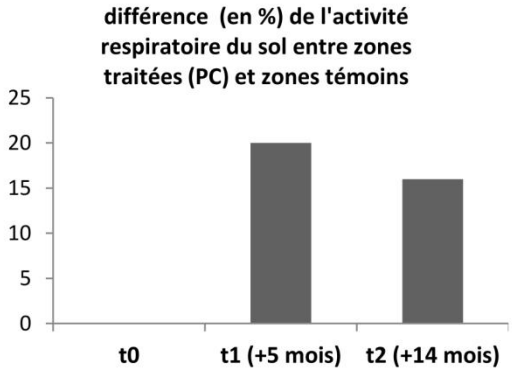
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableux	17,6	7,8	72,9	1,57	4,1	0,008	11,5	5,7	0
qualité	faible				moyen	faible	faible	bon	moyen	faible

- Sol à dominance sableuse pouvant entrainer une perte important des éléments nutritifs présents,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures,
- Matière organique insuffisante entrainant une réserve d'azote pratiquement inexistante et un faible fonctionnement du sol.

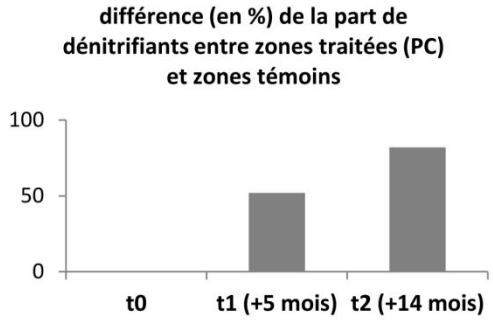
⇨ **Indice de fertilité : FAIBLE. Le sol seul ne peut pas assumer les besoins des cultures. Son rôle se réduit pratiquement à une fonction de support.**

Impact des plantes de couverture sur la fertilité du sol :

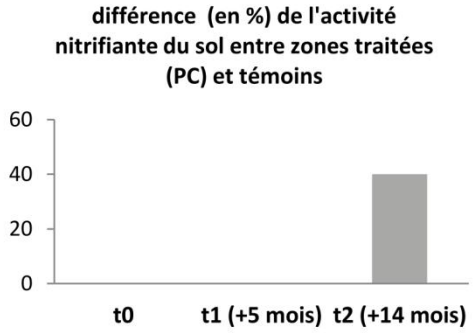
Suivi du fonctionnement du sol avec et sans plante de couverture à la plantation de la couverture vivante (t0), au moment de sa réduction en mulch (t1, +5mois) et à la fin de la culture de papayes associée au mulch (t2, +14 mois).



L'augmentation de la respiration du sol à t1 (5 mois après la mise en place de la couverture) permet de mettre en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due aux plantes de couverture (+20%). La couverture vivante a ainsi stimulé l'activité biologique. La décomposition du mulch de cette couverture (t2) montre également une amélioration du fonctionnement du sol (+16%). Ces augmentations sont le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol qui sont stimulés par l'apport de matière organique fournie par les plantes de couverture (tombées de feuilles, mulch). Leur activité permettra de fournir des éléments nutritifs aux plantes par décomposition de cette matière organique.



La proportion de bactéries dénitrifiantes est plus importante sous la couverture vivante que pour un sol nu 5 mois après sa mise en place (+52% à t1) et lors de la dégradation du mulch (+82% à t2). L'activité dénitrifiante est également plus importante sous BRF (résultat non-montré). Ces bactéries ont comme caractéristique d'être très diversifiées à la fois au niveau des espèces mais également au niveau des fonctions qu'elles remplissent. C'est un avantage dans le sens où la vie microbienne aura plus de chance de résister face à des perturbations (comme par exemple un travail répété des terres agricoles).



L'augmentation de la nitrification du sol lors de la décomposition du mulch (+40%) permet de mettre en évidence une amélioration de la fertilité du sol par apport d'azote assimilable par les cultures.

CONCLUSION :

La plante de couverture *Canavalia ensiformis* a montré ici un effet bénéfique sur la fertilité des sols. D'une part, la couverture vivante tend à améliorer le nombre et la diversité des micro-organismes qui sont capables, entre autres, de décomposer la matière organique fournie afin d'apporter les éléments nutritifs nécessaires au développement des cultures. D'autre part, une fois la couverture de la plante fixatrice d'azote réduite en mulch, celui-ci va enrichir les sols en éléments azoté directement disponible pour la culture. Toutefois, ces éléments bénéfiques engendrés par la plante de couverture peuvent être perdus par l'effet de la pluie sur cette texture sableuse qui n'a pas la capacité de les retenir. L'apport de charbon, permettant de retenir les éléments nutritifs par son rôle d'éponge, pourrait être une solution pour le maintien de la fertilité des sols

Multi-espèces – Javouhey – culture de citronniers

Plantes de couverture sous citronniers,

Mr Ly Ka, Javouhey (Guyane Ouest)

Axe et action du RITA : GUYAFER – MARBO

Partenaire : PFFLG, DAAF

Système de culture : Arboriculture, culture suivie : citronnier (famille des Rutacées)

Amendements organique testé : 9 espèces plantes de couverture en inter-rang, puis réduction en mulch et dépôt du mulch sur les rangs au pied des citronniers. Les espèces installées par boutures sont *Arachis pintoï* et *Desmodium ovalifolium*. Par semis : *Canavalia ensiformis, Stylodanthes campo grande, Pueraria phaseolides, Calopogonium mucunoides, Crotalaria spectabilis, Cajanus cajan, Brachiaria decumbens* en mélange avec *Arachis pintoi*.

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental

- 10 modalités testées : 9 espèces de plantes de couverture et témoin (sol nu).
- Taille unité expérimentale : 32 m² pour les inter-rangs.
- Nombre de répétition par modalité: 3

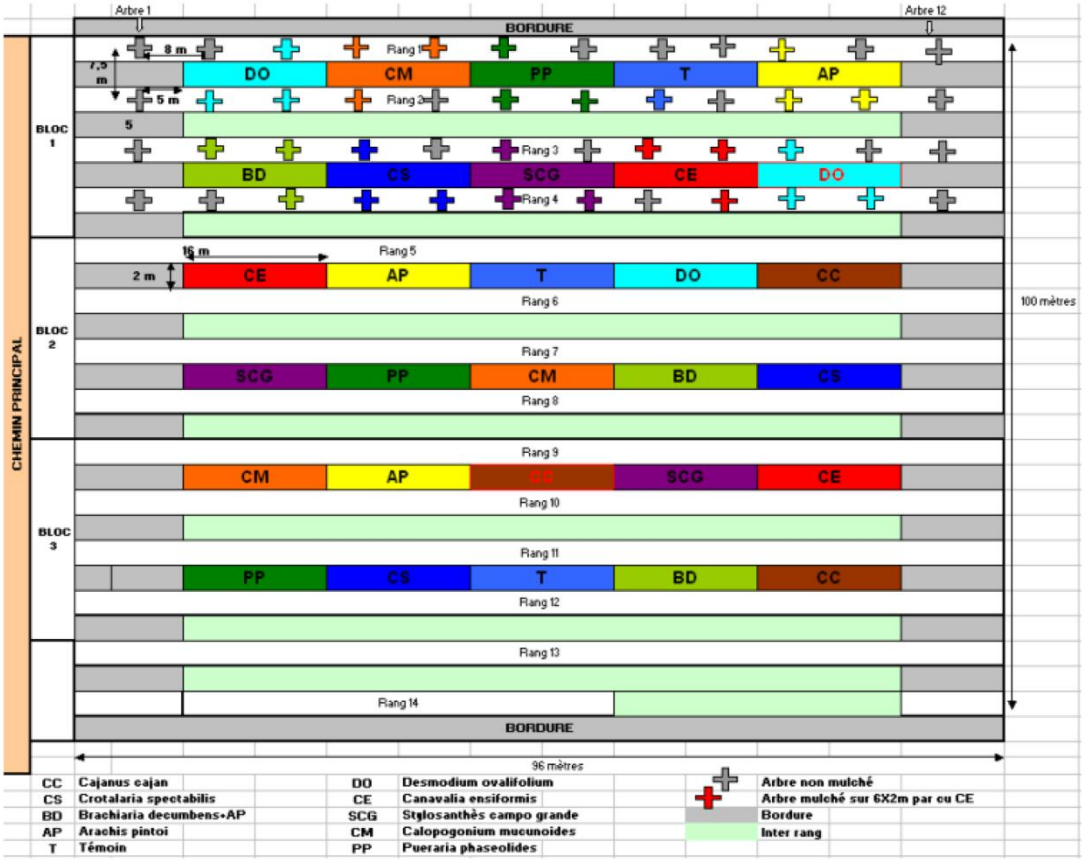
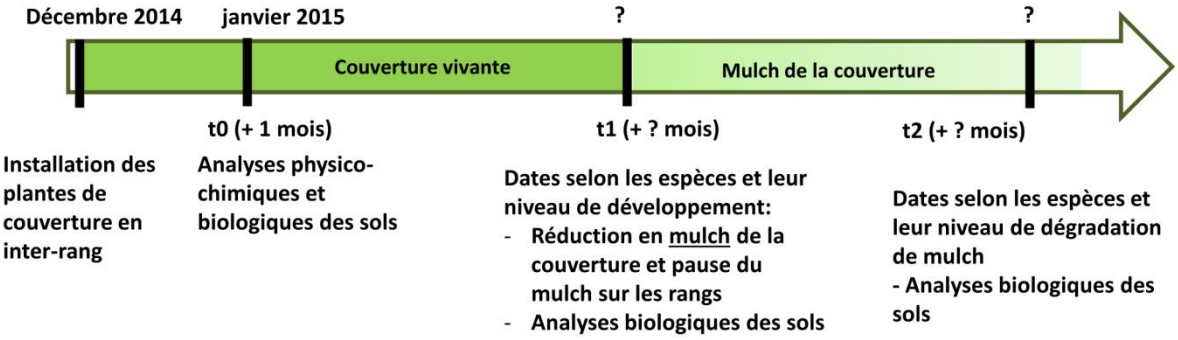


Tableau 1 : modalités d'installation des plantes de couverture

	Espacement entre lignes de semis	Semis/m linéaire	
Annuelles			
Canavalia ensiformis	0.4 à 0.5 m	3 à 10 graines (Si 10 graines espacement de 10 cm)	(3X) 5 lignes espacées de 0,4m de 10 graines/m sur 16m : 2400 graines soit 2,1 kg **700g/UE**
Cajanus cajans	0.5 m	20 à 25 graines (Si 25 graines espacement de 4cm) 40% germination	Semi-perenne (3X) 4 lignes de 25 graines/m sur 16 m soit 4800 graines soit 600 g 200 g/UE mais que 40% germination donc **500 g/UE**
Crotalaria spectabilis	0.5 m	30 à 35 graines (si 33 graines espacement de 3cm)	Si 33 graines/m : 6336 graines (soit 98 g) 33 g/UE mais que 60% germination donc **55 g/UE**
Perennes			
Calopogonium mucunoides	0.5 m	30 à 35 graines (si 33 graines espacement de 3cm)	Si 33 graines/m : 6336 graines (soit 95 g) 32 g/UE mais que 60% germination donc **53 g/UE**
Arachis pintoi	0.5 m	5 boutures (20 cm)	Semis dense : (3X) 4 lignes de 5 boutures/m sur 16m soit 960 boutures + mélange BD (480 ?) **320 boutures/UE**
Stylosanthes campo grande	0.3 à 0.4 m	En poquet de 7 à 12 graines tous les 30-40 cm sur la ligne (si 33 graines/m espacement de 3cm)	(3X) 7 lignes espacées de 0,3m de 33 graines sur 16m : 11088 graines (soit 27g). 9 g/UE mais que 80% germination donc **11 g/UE**
Pueraria phaseloides	0.5 m	30 à 35 graines (si 33 graines espacement de 3cm)	Si 33 graines/m : 6336 graines (soit 80 g) 27 g/UE mais que 80% germination donc **34 g/UE**
Desmodium ovalifolium	0.5 m ?	Une bouture de plusieurs nœuds tous les 40 cm	(3X) 4 lignes de 2,5 boutures/m sur 16m soit 480 boutures **160 boutures/UE**
Brachiaria decumbens + Stylosanthès campo grande	A la volée	Semis 50/50 BD : 8 Kg/Ha Semis à 1 - 2cm de profondeur	BD : levée de dormance 24h au frigo (3X) 12,8 g/UE de 16m² soit 38,4 g 12,8 g/UE mais que 45% germination donc **28 g/UE** et SCG : **6 g/UE**



Photos :

Vue d'un inter-rang sur le dispositif 1 mois après sa mise en place, les citronniers se situant sur les rangs

Desmodium sp.

Cajanus cajanus

Canavalia ensiformis

Plantes de couverture âgées de 1 mois

Calopogonium mucunoïdes

Crotalaria spectabilis

Brachiaria decumbens

Cajanus cajan

Calopogonium mucunoides

Plantes de couverture âgées de 4 mois

Canavalia ensiformis

Crotalaria spectabilis

Pueraria phaseolides

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

composantes	**type de sol**	**granulométrie (%)**			**teneur en matière organique (%)**	**CEC**	**N total (%)**	**C/N**	**pH**	**indice qualité biologique**
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableux	8,5	22,7	68,7	1,84	3,3	0,07	14,6	4,9	0
qualité	**faible**				**bon**	**faible**	**faible**	**bon**	**faible**	**faible**

- Sol à dominance sableuse pouvant entrainer une perte importante des éléments nutritifs présents,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures,
- Matière organique suffisante mais une réserve d'azote pratiquement inexistante et un fonctionnement du sol faible.

⇨ **Indice de fertilité : Moyen. Le sol peut difficilement assurer les besoins des cultures.**

Impact du BRF sur la fertilité du sol :

Les plantes de couverture sont, à ce jour, encore en développement sur les inter-rangs. Le fonctionnement biologique des sols sera suivi avant la réduction des couvertures en mulch et après décomposition des mulchs sur les rangs. La période de déroulement de cet essai déborde du RITA1. Il a toutefois été décidé de le suivre car l'installation simultanée de plusieurs espèces de plantes de couverture sur une même parcelle permettra de comparer leur comportement sur les conditions environnementales rencontrées.

Plantes de couverture – fiche synthétique des résultats

SYNTHESE - Impacts des plantes de couverture fixatrices d'azote sur la fertilité des sols

Tableau 1 : récapitulatif des résultats de tous les essais menés sur Plantes de couverture (N=4). Les mesures (respiration, dénitrification, ratio DEA/SIR et nitrification) sont réalisées à différent stade d'expérimentation (t0 : après la mise en place de l'expérimentation –mise en place des semis de plantes de couverture), t1 : après le cycle de la couverture (création du mulch) et t2 : après le cycle de la culture associée au mulch). Dans chaque case : la première ligne précise le moment où ont été faites les mesures. La deuxième ligne nous donne les valeurs moyennes des activités biologiques mesurées pour la modalité Témoin (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 – voir fiche « Outils statistiques). 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. Pour plus de détails sur les essais, se reporter aux fiches individuelles.

plantes de couverture fixatrices d'azote		activité respiratoire (µg C-CO2/g sol/h)			activité dénitrifiante (µg N-N2O/g sol/h)			ratio DEA/SIR			nitrification (µg N-NO3/g sol/h)		
		t0	t1	t2	t0	t1	t2	t0	t1	t2	t0	t1	t2
arboriculture	Javouhey - **multi-espèces** sous citronniers - rang **(essai toujours en cours)**	VRAI (2,99) PC = T (2,79) ns			VRAI (0,14) PC = T (0,11) ns			VRAI (0,0099)PC = T (0,0084) ns					
	Javouhey - ***Canavalia*** sous papayers - parcelle entière		+ 5 mois après semi (2,41) PC = T (2,00) **+ 20 %**	+ 9 mois après mulch (2,24) PC > T (1,93) **+ 16 %**		+ 5 mois après semi (0,079 PC = T (0,072) ns	+ 9 mois après mulch (0,111) PC > T (0,063) **+ 76 %**		+ 5 mois après semi (0,0073) PC > T (0,0048) **+ 52 %**	+ 9 mois après mulch (0,010) PC > T (0,0052) **+ 82 %**		+ 5 mois après semi (3,35) PC = T (3,84) ns	+ 9 mois après mulch (6,72) PC > T (4,78) **+ 40 %**
maraîchage	Matiti - ***Crotalaria*** - aubergine	VRAI	+ 6 mois après semi (13,9) PC > T (12,2) **+ 14 %**	+ 10 mois après mulch (12,4) PC = T (12,4) ns	VRAI	+ 6 mois après semi (1,48) PC > T (1,64) ns	+ 10 mois après mulch (0,94) PC = T (0,88) ns	VRAI	+ 6 mois après semi (0,05) PC < T (0,07) **- 40 %**	+ 10 mois après mulch (0,03) PC = T (0,02) ns			
	Montsinéry - ***Crotalaria*** - concombre	VRAI (1,13) PC = T (1,28) ns	+ 2 mois après semi (1,11) PC = T (1,07) ns	essai abandonné	VRAI (0,09) PC = T (0,11) ns	+ 2 mois après semi (0,087) PC = T (0,081) ns	essai abandonné	VRAI (0,011) PC = T (0,017) ns	+ 2 mois après semi (0,016) PC = T (0,014) ns	essai abandonné			

Une amélioration de la fertilité des sols par l'utilisation de plantes de couverture (PC) fixatrice d'azote

Une biomasse microbienne active plus importante

Les essais montrent, qu'à partir de plusieurs mois après les semis des plantes de couverture, une amélioration de 14 à 20 % de l'activité respiratoire par rapport à une zone témoin (t1) quelques soit l'espèce testée (*Crotalaria* à Matiti et *Canavalia* à Javouhey, tableau 1). Au temps t2, après dégradation du mulch, on remarque toujours une plus forte activité respiratoire sous la modalité PC sur l'essai *Canavalia* de Javouhey (+ 16%) contrairement à l'essai *Crotalaria* de Matiti. Concomitamment, des résidus de la couverture *Canavalia* étaient encore visibles au moment des mesures, alors que tout le *Crotalaria* avait disparu.

Au moins temporairement, tant qu'il y a du mulch, les plantes de couverture fixatrices d'azote augmentent la biomasse microbienne active du sol. De par l'activité de tous ces micro-organismes, ces plantes stimulent alors la minéralisation de la matière organique et accroit la biodisponibilité des nutriments pour les cultures.

Une modification de la structuration communautaire variable selon les espèces de plantes de couverture

La proportion de bactéries dénitrifiantes (DEA/SIR) est impactée par les plantes de couverture. Cet impact est différent selon les plantes de couvertures testées.

On remarque une augmentation significative des dénitrifiants sur l'essai *Canavalia* et une diminution sur l'essai *Crotalaria* (tableau 1). Puisque l'activité dénitrifiante elle-même a la même intensité avec ou sans *Crotalaria* alors qu'elle augmente fortement sous *Canavalia*, cela signifie que *Canavalia* favoriserait particulièrement les bactéries dénitrifiantes du sol pendant que *Crotalaria* favoriserait les autres communautés microbiennes tels que les décomposeurs fongiques tout en limitant les communautés bactériennes à leur niveau initial. Il est possible que les divers composés toxiques (alcoloïdes) que contiennent les crotalaires empêchent l'augmentation de la microflore bactérienne alors qu'ils semblent moins perturbés les autres communautés microbiennes.

Ainsi, l'utilisation de plante de couverture fixatrice d'azote entraine une modification profonde des communautés microbiennes.

Nitrification

Le processus de nitrification n'a été mesuré que sur les expérimentations en arboriculture. Donc, seul l'essai *Canavalia* sous papayers à Javouhey a été suivi pour cette activité. Les résultats montrent que l'implantation de cette espèce de couverture améliore grandement la production d'azote assimilable (sous forme de nitrate) par les plantes (40% d'activité en plus sous plantes de couverture par rapport à un témoin, tableau 1). La nitrification étant la dernière étape de la minéralisation de la matière organique, il est logique que son évolution ne soit pas visible quand la couverture est vivante mais qu'elle ait lieu lors de la dégradation du mulch (t2).

Ce processus biologique à un impact direct sur la fertilité des sols car il va permettre la production d'azote assimilable sous forme nitrate pour les cultures.

Une amélioration immédiate et durable ?

Un impact non immédiat…

Les différentes activités biologiques ont été mesurées à différents stade expérimentaux (t0, t1 et t2, voir tableau 1). Cependant, ces périodes ne sont pas standardisées sur l'ensemble des essais. Toutes les mesures à t0 ont été réalisées lors la mise en place des essais (semis de la plante de couverture) et aucune différence significative n'est constatée entre modalité PC et témoin nous assurant que les conditions édaphiques sont semblables initialement pour les deux modalités Les mesures t1 (lors de la réduction de la couverture vivante en mulch) réalisées 2 mois après la mise en place de l'essai *Crotalaria* à Montsinéry ne détectent pas non plus de différence contrairement aux essais *Canavalia* à Javouhey et *Crotalaria* à Matiti (mesures effectuées respectivement à 5 mois et 6 mois après les semis). L'impact sur la fertilité est donc visible seulement plusieurs mois après la mise en place des semis.

…qui se maintient ou pas selon l'espèce utilisée

10 mois après la réduction en mulch du *Crotalaria* à Matiti, les analyses de sols, ont montré aucune différence significative d'activités biologiques des sols entre les zones PC et les zones témoins. Au contraire, des différences significatives ont été remarquées sur l'essai *Canavalia*

9 mois après sa réduction en mulch. Cette différence d'impact dans le temps des plantes de couverture peut être due à un effet espèce produisant un mulch plus ou moins rapidement dégradable : il a été noté que la dégradation du mulch de *Crotalaria* était totale au bout de 10 mois alors que des résidus du couvert végétal de *Canavalia* étaient encore visibles au bout de 9 mois.

Conclusion

Deux espèces seulement de plantes de couvertures ont été testées. Ces espèces ont été choisies pour leur capacité à fixer l'azote. Aussi une amélioration de la fertilité était attendue grâce à l'apport d'azote que ces plantes peuvent procurer au sol puisqu' elles présentaient des nodules efficients capables d'utiliser l'azote de l'air. Il est à noter que seuls les bio-indicateurs basés sur le fonctionnement du sol comme la respiration, dénitrification et nitrification peuvent permettre de mettre en évidence des différences dans la qualité du sol à une échelle de temps aussi courte.

Cette amélioration de la qualité du sol n'a pas été immédiate car il est nécessaire que les plantes de couverture se développent avant de pouvoir restituer de la matière organique au sol. On remarque que l'augmentation de la qualité du sol se manifeste avant même que la couverture soit réduite en mulch. On peut supposer que les exsudats racinaires et quelques tombées de feuilles (mesures à t1) soient la cause de ce changement. La décomposition du mulch va renforcer cette amélioration.

Si les deux espèces ont permis d'observer une amélioration globale de la qualité du sol (par les mesures de la respiration), les autres bio-indicateurs mesurés (dénitrification et nitrification) montrent un impact différent de ces deux espèces sur la structure microbienne du sol :

- *Canavalia* a stimulé fortement l'ensemble des fonctions bactériennes mesurées sur le sol, telles que la respiration, la dénitrification et la nitrification, montrant ainsi sa capacité à renforcer la capacité biotique et la diversité de la microflore du sol. Plus de diversité renforce la stabilité d'un sol face à des perturbations environnementales.
- Dans le cas de *Crotalaria*, même si cette plante de couverture permet une augmentation globale de la fertilité (respiration), elle représente un frein à l'augmentation de la diversité bactérienne favorisant essentiellement les autres

micro-organismes tels que les fonges. La question est de savoir si seules les bactéries dénitrifiantes sont touchées ou si c'est l'ensemble des bactéries qui sont limitées ? Cet impact bactéricide pourrait expliquer les résultats non significatifs de l'activité dénitrifiante. En effet, cet essai a été réalisé sur des parcelles ayant subi depuis plusieurs années des cycles de rotation cultures/jachère avec des crotalaires. Ce pouvoir bactéricide pourrait être lié à la présence d'alcoloïdes. Cette capacité antibactérienne spécifique aux dénitrifiants ou non pourrait être très intéressante dans la lutte contre le *Ralstonia*, bactérie pathogène dénitrifiante.

L'essai sous citronnier à Javouhey permettra de fournir plus de précisions sur le potentiel d'amélioration de la fertilité des sols chez 9 espèces de plantes de couverture. Les modalités seront, ici, comparables entre elles car elles sont issues d'une même parcelle (même conditions pédo-climatiques, même historique de traitement de parcelle).

La mise en place d'essais supplémentaires sur différents sites, prévue pour le RITA 2, permettra de savoir si l'importance de l'impact de différentes espèces est dépendante de la nature du sol. Des sols riches en azote minéral limitent la nodulation et l'efficience des nodules, ce qui pourrait restreindre l'effet « apport d'azote » par la légumineuse.

Outre l'apport d'azote, les plantes fixatrices utilisées comme plante de couverture possèdent les avantages de ces dernières tels que la lutte contre l'enherbement, la rétention d'humidité du sol, etc… (voir la fiche technique « plantes de service ») et c'est la prise en compte de l'ensemble de ces qualités qui nous permettra de pouvoir recommander la meilleure combinaison 'type de culture / espèce de couverture / type de sol'. Il serait également intéressant de confirmer l'effet bactéricide des crotalaires. Cette plante de couverture pourrait alors être utilisée soit en association, soit en rotation avec les cultures sensibles à l'infection de *Ralstonia* chez les Solanacées.

Jachère active – Bassin Mine d'Or, Mana, site 1

Jachère active par utilisation de plantes fixatrices d'azote

Mme Bona, Mana, Bassin Mine d'Or (Guyane Ouest)

Axe et action du RITA : GUYAFER – ABB

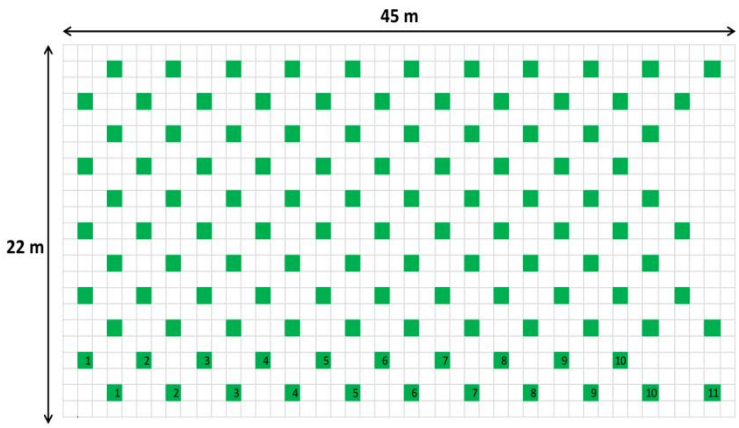
Partenaire : MFR Mana

Système de culture : Jachère active sur abattis, agriculture familiale

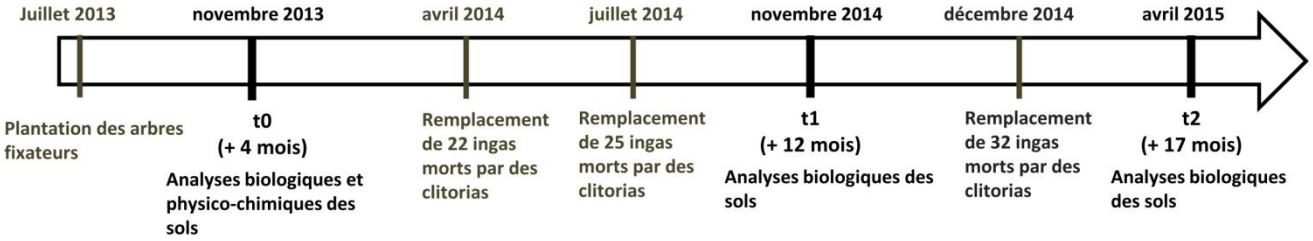
Arbres fixateurs d'azote utilisés : *Inga edulis*, *Inga ingoides* et *Clitoria fairchildiana*

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental :



- 2 modalités testées : une parcelle de 1000m² avec plantation de légumineuses (genre *Inga*) espacées tous les 3-4 m (soit environ 110 arbres plantés, voir plan ci-contre) et une parcelle témoin de 1000m² (abattis sans intervention) juxtaposée à la parcelle de jachère active
- Les plants, développés sous serre, ont reçu une solution facilitatrice de symbiose plante-bactéries pour remplir leur rôle fixateur d'azote
- Durant l'expérimentation, les plants d'*Inga* morts ont été remplacés par des plants de *Clitoria* qui se sont montrés plus résistants face aux conditions rencontrées (sol, climat)



Photos :

Vue générale de la parcelle de jachère active lors de sa mise en place.

Plants du genre *Inga*

Plants de genre *Clitoria*

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

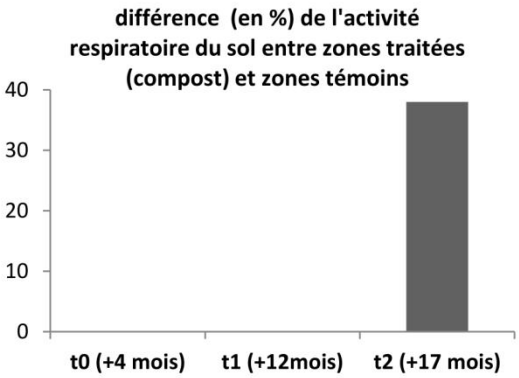
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableuse	0,7	1,4	96,5	1,2	3,2	0,005	14	6,3	0
qualité	faible				moyen	faible	faible	bon	bon	faible

- Sol à dominance sableuse pouvant entrainer une perte important des éléments nutritifs présents,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures,
- Matière organique insuffisante entrainant une réserve d'azote pratiquement inexistante et un faible fonctionnement du sol.

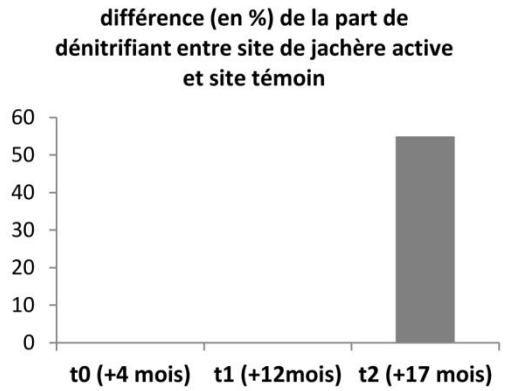
⇨ **Indice de fertilité : Faible**

Impact de la jachère active sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol sur parcelle de jachère active et parcelle témoin à 4 mois (t0), 12 mois (t1) et 17 mois (t2) après plantation des arbres fixateurs.



Une augmentation de la respiration du sol sur jachère active est diagnostiquée 17 mois après l'installation du dispositif (+ 38%). Cela met en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due aux arbres fixateurs qui ont stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes permettront de mieux décomposer la matière organique pour fournir des éléments nutritifs aux plantes.



La proportion de bactéries dénitrifiantes est plus importante sur le site de jachère active en fin d'expérimentation (+55% à t2). Ces bactéries ont comme caractéristique d'être très diversifiées à la fois au niveau des espèces mais également au niveau des fonctions qu'elles remplissent. C'est un avantage dans le sens où la vie microbienne aura plus de chance de résister face à des perturbations.

CONCLUSION :

Les arbres du genre *Inga* ont montré qu'ils n'étaient pas adaptés aux conditions environnementales du site : il y'a eu un très fort taux de mortalité. Les individus morts ont ensuite été remplacés par des arbres du genre *Clitoria* qui se sont montrés bien plus résistants. Ainsi, il n'y a pas eu une amélioration de la fertilité des sols lors de la première année. Les plantes fixatrices du genre *Clitoria* ont montré un effet bénéfique en impliquant un plus grand nombre de micro-organismes actifs qui favoriseront une meilleure décomposition de la matière organique restituant des éléments fertilisant dans le sol. Des études sur sites miniers dégradés ont montré qu'il fallait plusieurs années pour récupérer une fertilité de sol identique à un milieu forestier. Il est alors très probable que la fertilité sur ces essais continue à s'améliorer avec le temps. Toutefois, ce sol excessivement sableux aura tendance à perdre rapidement les éléments nutritifs. Une intervention serait alors nécessaire pour que la fertilité se maintienne après le cycle de jachère active, lors des prochaines mises en culture. Cela peut se faire par l'incorporation de charbon dans le sol qui le double avantage de retenir d'une part les matières fertilisantes et d'autre part l'humidité des sols (les zones de sables blancs souffrant de sécheresse une grande partie de l'année).

Jachère active – Bassin Mine d'Or, Mana, site 2

Jachère active par utilisation de plantes fixatrices d'azote

Mme KIA, Mana, Bassin Mine d'Or (Guyane Ouest)

Axe et action du RITA : GUYAFER – ABB

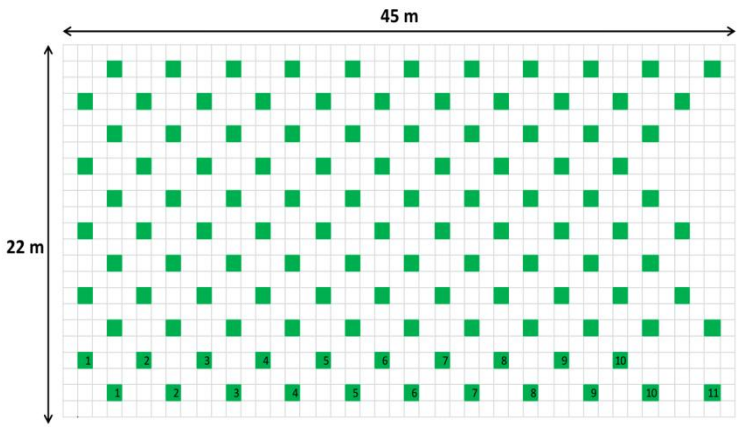
Partenaire : MFR Mana

Système de culture : Jachère active sur abattis, agriculture familiale

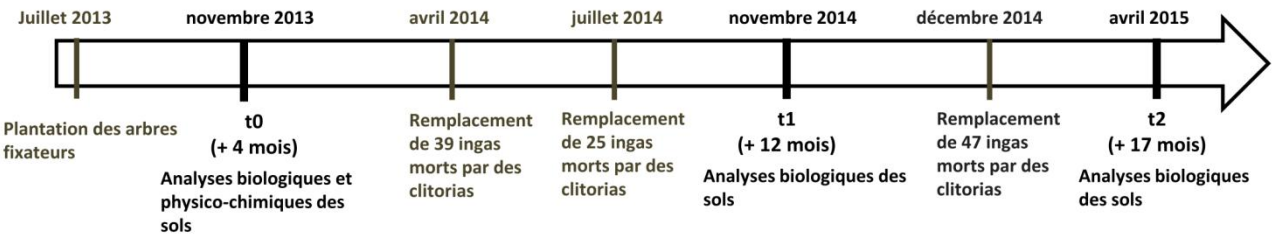
Arbres fixateurs d'azote utilisés : *Inga edulis*, *Inga ingoides* et *Clitoria fairchildiana*

ESSAI REALISE

Dispositif expérimental :



- 2 modalités testées : une parcelle de 1000m² avec plantation de légumineuses (genre *Inga*) espacées tous les 3-4 m (soit environ 110 arbres plantés, voir plan ci-contre) et une parcelle témoin de 1000m² (abattis sans intervention) juxtaposée à la parcelle de jachère active
- Les plants, développés sous serre, ont reçu une solution facilitatrice de symbiose plante-bactéries pour remplir leur rôle fixateur d'azote
- Durant l'expérimentation, les plants d'*Inga* morts ont été remplacés par des plants de *Clitoria* qui se sont montrés plus résistants face aux conditions rencontrées (sol, climat)



Photos :

Vue générale de la parcelle de jachère active lors de sa mise en place.

Plants du genre *Inga* mort

Plants de genre *Clitoria*

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableuse	0,5	0,9	97,5	1,1	3,3	0,006	10,7	6,2	0
qualité	faible				moyen	faible	faible	moyen	bon	faible

- Sol à dominance sableuse pouvant entrainer une perte important des éléments nutritifs présents,
- Une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures,
- Matière organique insuffisante entrainant une réserve d'azote pratiquement inexistante et un faible fonctionnement du sol.

⇨ **Indice de fertilité : Faible**

Impact de la jachère active sur la fertilité du sol :

Aucune différence n'a été constatée concernant les différentes activités biologiques (respiration, dénitrification, proportion de dénitrifiants) entre zones témoins et zones de jachère active durant toute l'expérimentation. Les plantes de n'ont pas ici pas stimulé la vie microbienne : il n'y a pas plus de micro-organismes actifs (qui auraient favorisé la production d'éléments nutritifs) ni de diversité microbienne.

CONCLUSION :

Les arbres du genre *Inga* ont montré qu'ils n'étaient pas adaptés aux conditions environnementales du site : il y'a eu un très fort taux de mortalité. Les individus morts ont ensuite été remplacés par des arbres du genre *Clitoria* qui se sont montrés bien plus résistants. Cependant, aucune n'amélioration de la fertilité n'a été constatée durant la durée de l'expérimentation. Des études sur sites miniers dégradés ont montré qu'il fallait plusieurs années pour récupérer une fertilité de sol identique à un milieu forestier. Il est alors possible que les effets des arbres fixateurs sur l'amélioration de la fertilité des sols apparaissent plus tard.

Jachère active – CD9, Mana

Jachère active par utilisation de plantes fixatrices d'azote

Mr Pinas, Mana, CD9 (Guyane Ouest)

Axe et action du RITA : GUYAFER – ABB

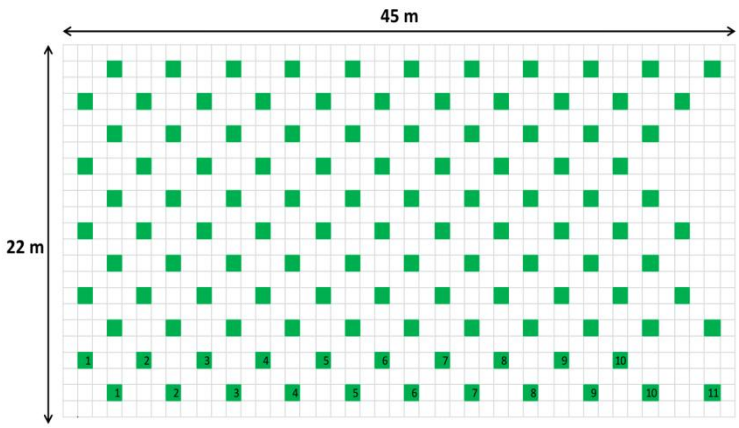
Partenaire : MFR Mana

Système de culture : Jachère active sur abattis, agriculture familiale

Arbres fixateurs d'azote utilisés : *Inga edulis*, *Inga ingoides* et *Clitoria fairchildiana*

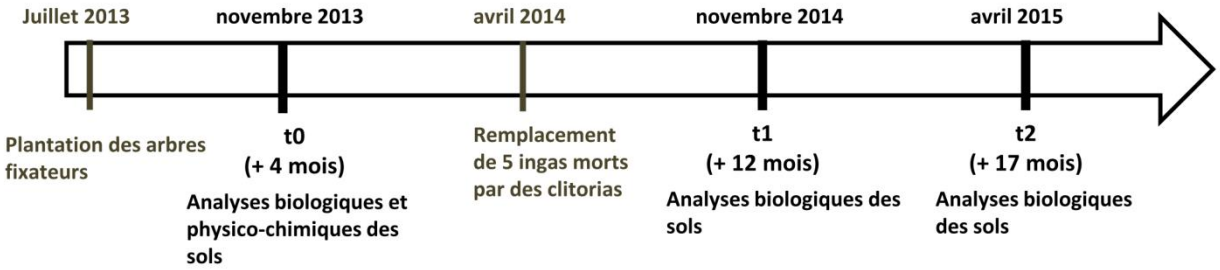
ESSAI REALISE

Dispositif expérimental :



- 2 modalités testées : une parcelle de 1000m² avec plantation de légumineuses (genre *Inga*) espacées tous les 3-4 m (soit environ 110 arbres plantés, voir plan ci-contre) et une parcelle témoin de 1000m² (abattis sans intervention) juxtaposée à la parcelle de jachère active
- Les plants, développés sous serre, ont reçu une solution facilitatrice de symbiose plante-bactéries pour remplir leur rôle fixateur d'azote
- Durant l'expérimentation, quelques plants d'*Inga* morts ont été remplacés par des plants de *Clitoria*

•



Photos :

Vue générale de la parcelle de jachère active lors de sa mise en place.

Vue de la parcelle de jachère active en fin d'expérimentation. Les plants du genre *Inga* se sont bien développés.

RESULTATS

Caractérisation bio-physico-chimique initiale du sol :

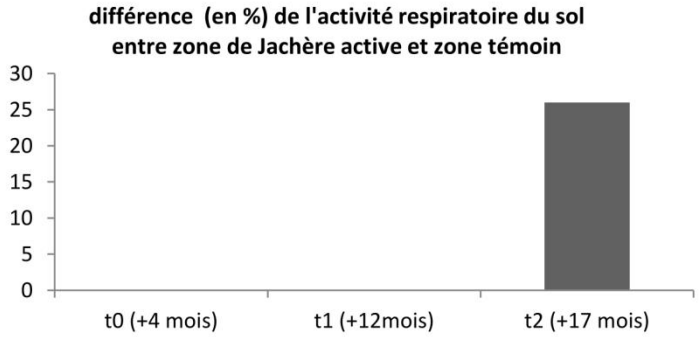
composantes	type de sol	granulométrie (%)			teneur en matière organique (%)	CEC	N total (%)	C/N	pH	indice qualité biologique
		argiles	limons	sables						
valeurs	sableuse	5,8	23,5	68,8	1,8	4,5	0,007	15	5,5	0
qualité	faible				bon	faible	faible	bon	moyen	faible

- Sol à dominance sableuse pouvant entrainer une perte important des éléments nutritifs présents,
- Une teneur en matière organique satisfaisant mais avec une CEC basse signifiant qu'il n'existe aucune réserve d'éléments minéraux pour les cultures avec une réserve d'azote insuffisante,
- Un faible fonctionnement du sol

⇨ **Indice de fertilité : Faible**

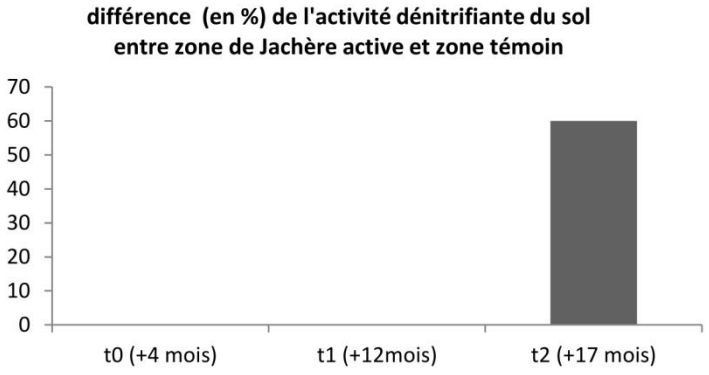
Impact de la jachère active sur la fertilité du sol :

Suivi du fonctionnement du sol sur parcelle de jachère active et parcelle témoin à 4 mois (t0), 12 mois (t1) et 17 mois (t2) après plantation des arbres fixateurs.



Une augmentation de la respiration du sol sur jachère active est diagnostiquée 17 mois après l'installation du dispositif (+26 %). Cela met en évidence une amélioration du fonctionnement du sol due aux arbres fixateurs qui ont stimulé l'activité biologique. Cette augmentation est le fait d'un nombre plus important de micro-organismes actifs dans le sol. Ces micro-organismes permettront de mieux décomposer la matière organique pour fournir des éléments

nutritifs aux plantes.



L'activité dénitrifiante est également meilleure en jachère active 17 mois après l'installation des arbres fixateurs d'azote (+60% par rapport au témoin). Les bactéries dénitrifiantes ont comme caractéristique d'être très diversifiées à la fois au niveau des espèces mais également au niveau des fonctions qu'elles remplissent. C'est un avantage dans le sens où la vie microbienne aura plus de chance de résister face à des perturbations.

Cependant, il n'y pas de différence entre les modalités concernant la part de bactéries dénitrifiantes (résultat non-montré). De ce fait, la jachère active n'a pas ici stimulé un changement de structure des communautés.

CONCLUSION :

Il n'y a pas eu une amélioration de la fertilité des sols lors de la première année. Les plantes fixatrices du genre *Inga* ont montré un effet bénéfique en impliquant un plus grand nombre de micro-organismes actifs et plus diversifiés qui favoriseront une meilleure décomposition de la matière organique restituant des éléments fertilisant dans le sol. Des études sur sites miniers dégradés ont montré qu'il fallait plusieurs années pour récupérer une fertilité de sol identique à un milieu forestier. Il est alors très probable que la fertilité sur ces essais continue à s'améliorer avec le temps. Toutefois, ce sol sableux aura tendance à perdre rapidement les éléments nutritifs. Une intervention serait alors nécessaire pour que la fertilité se maintienne après le cycle de jachère active, lors des prochaines mises en culture. Cela peut se faire par l'incorporation de charbon dans le sol qui le double avantage de retenir d'une part les matières fertilisantes et d'autre part l'humidité des sols.

Jachère active – fiche synthétique des résultats

SYNTHESE - Impacts de la jachère active sur la fertilité des sols

Tableau 1 : récapitulatif des résultats de tous les essais menés sur Jachère active (N=3). Les mesures (respiration, dénitrification et ratio DEA/SIR) sont réalisées à différent stade d'expérimentation (t0 : 4 mois après la mise en place de l'expérimentation, t1 : un an après la mise en place de l'essai et t2 : 17 mois après la mise en place de l'essai). Dans chaque case : la première ligne précise le moment où ont été faites les mesures. La deuxième ligne nous donne les valeurs moyennes des activités biologiques mesurées pour la modalité Témoin (T) et la modalité Jachère active (JA). 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 – voir fiche « Outils statistiques). Enfin, la troisième ligne renseigne de la différence en pourcentage entre la modalité Jachère active et la modalité témoin (en rouge quand les valeurs sont plus grandes pour la modalité Jachère active, en bleu quand les valeurs sont plus grandes pour la modalité Témoin), ns : différence non-significative entre les 2 modalités. Pour plus de détails sur les essais, se reporter aux les fiches individuelles.

Jachère active	respiration (µg C-CO2/g sol/h)			dénitrification (µg C-CO2/g sol/h)			ratio DEA/SIR		
	t0	t1	t2	t0	t1	t2	t0	t1	t2
Mana - zone 1 (Bassin mine d'or - Dispositif 1)	+ 4 mois (1,77) JA = T (1,27) ns	+ 12 mois (1,33) JA = T (1,41) ns	+ 17 mois (1,83) JA > T (1,33) **+ 38 %**	+ 4 mois (0,0071) JA = T (0,0054) ns	+ 12 mois (0,0020) JA = T (0,0007) ns	+ 17 mois (0,0050) JA = T (0,0026) **+ 92 %**	+ 4 mois (9,2.10-5) JA = T (1,8.10-4) ns	+ 12 mois (1,2.10-5) JA = T (4,6.10-6) ns	+ 17 mois (4,2.10-5) JA >T (2,7.10-5) **+ 55 %**
Mana - zone 2 (Bassin mine d'or - Dispositif 2)	+ 4 mois (1,28) JA = T (1,29) ns	+ 12 mois (1,27) JA = T (1,32) ns	+ 17 mois (1,73) JA = T (2,26) ns	+ 4 mois (0,0084) JA = T (0,0066) ns	+ 12 mois (0,0028) JA = T (0,0042) ns	+ 17 mois (0,0042) JA = T (0,0060) ns	+ 4 mois (2,5.10-4) JA = T (8.10-5) ns	+ 12 mois (2,7.10-5) JA = T (6,7.10-5) ns	+ 17 mois (3,0.10-5) JA = T (3,7.10-5) ns
Mana - zone 3 (CD9)	+ 4 mois (2,85) JA = T (2,88) ns	+ 12 mois (2,60) JA = T (2,71) ns	+ 17 mois (3,62) JA > T (2,87) **+ 26 %**	+ 4 mois (0,199) JA = T (0,123) ns	+ 12 mois (0,123) JA = T (0,063) ns	+ 17 mois (0,397) JA = T (0,248) **+ 60 %**	+ 4 mois (0,015) JA = T (0,010) ns	+ 12 mois (0,012) JA = T (0,003) ns	+ 17 mois (0,032) JA = T (0,025) ns

Tableau 2 : composition spécifique des dispositifs de jachère active. Le pourcentage des espèces implantées est donné pour les trois mois précédent le temps de mesures. Des individus du genre *Inga* ont initialement été installés. Les individus morts sont remplacés au fur et à mesure par des individus du genre *Clitoria*.

dispositifs	t0	t1	t2
JA - Bassin mine d'or - Dispositif 1	100% *Inga*	48% *Inga* - 52% *Clitoria*	20% *Inga* - 80% *Clitoria*
JA - Bassin mine d'or - Dispositif 2	100% *Inga*	42% *Inga* - 58% *Clitoria*	1% *Inga* - 99% *Clitoria*
JA - CD9 - Dispositif 3	100% *Inga*	96% *Inga* - 4% *Clitoria*	96% *Inga* -1% *Clitoria*

Une forte moralité des arbres fixateurs du genre *Inga* installés sur les sables blancs.

80% des arbres appartenant aux espèces du genre *Inga* (*I. edulis* et *I. ingoides*) retenues pour l'installation de jachère active sont morts sur le premier site et quasiment la totalité sur le second site (Tableau 3).

Tableau 3 : quelques caractéristiques physico-chimiques des sols et du développement des espèces testées sur les dispositifs mis en place

dispositifs	Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)	Mat Org (%)	C/N	niveau de développement des *Inga*	pourcentage de mortalité des *Inga* en fin d'expérimentation	niveau de développement des *Clitoria*
JA-zone1-Bassin Mine d'Or	0,7	1,4	96,5	1,2	14	mauvais	80	bon
JA-zone2-Bassin Mine d'Or	0,5	0,9	97,5	1,1	10,7	mauvais	99	bon
JA-zone3-CD9	5,8	23,5	68,8	1,8	15	bon	4	bon

Ces deux espèces ne se sont pas adaptées aux conditions pédo-climatiques de deux des trois sites d'installation. Les arbres ont souffert durant les périodes de sécheresse et ont été attaqués par les fourmis-maniocs (sur le deuxième site). Par contre, les *Inga* plantés sur le site de la CD9 n'ont pas souffert de mortalité (seuls 5 individus morts sur 110).

Le maximum de mortalité des *Inga* s'est donc retrouvé dans la région de Bassin Mine d'Or qui se caractérise par des sols de sables blancs. Par contre, les *Inga* se sont maintenus sur le site de la CD9. La texture du sol du est beaucoup moins sableuse avec plus de matière organique, ce qui a favorisé l'installation de ces espèces (Tableau 3).

Le sable blanc ne retient pas l'eau ce qui a pour conséquence un stress hydrique beaucoup plus important en saison sèche que pour les autres types de sol. De plus, en saison des pluies, le peu de matière organique et d'éléments nutritifs sont lessivés fortement à cause de l'absence d'argile, le rôle de celle-ci étant de retenir les éléments minéraux et de former des complexes stables avec la matière organique. Tout au long de l'expérimentation, les *Inga* morts ont été remplacés par des individus du genre *Clitoria* (*C. fairchildiana*) qui se sont développés (Tableau 2). Cette espèce de savane se montre plus résistante aux conditions pédo-climatiques rencontrées.

Un effet tardif de l'amélioration de la fertilité.

Une biomasse microbienne active plus importante

Sur deux des trois essais, une amélioration de l'activité respiratoire est détectée sur les sites de jachère active au bout d'un an et demi (Tableau 1). Cela signifie que les arbres fixateurs mis en place vont augmenter la biomasse microbienne active du sol. De par l'activité de tous ces micro-organismes, il y'aura une stimulation de la minéralisation de la matière organique pour accroître la biodisponibilité des nutriments.

Une amélioration de la diversité microbienne des sols

Sur ces mêmes essais, l'activité dénitrifiante est stimulée par les arbres fixateurs d'azote au bout d'un an et demi. Les arbres fixateurs ont donc permis d'augmenter la diversité microbienne des sols. En effet, les dénitrifiants sont pris comme indice de diversité car ils représentent une communauté très diversifiée qui peuvent réaliser d'une manière spécifique ou redondante, tout un panel de fonctions du sol. La présence de cette diversité confère au sol une meilleure résistance et résilience face à des perturbations environnementales. L'essai n°1 montre même une amélioration significative du ratio DEA/SIR. Cela signifie que la communauté dénitrifiante a été favorisée par l'espèce mise en place, *Clitoria fairchildiana*. A l'inverse, l'essai n°3 constitué d'arbres *Inga* ne provoque pas un changement de la structuration des communautés bactériennes ; la communauté dénitrifiantes (dénitrification) augmente de la même manière que la communauté hétérotrophe totale (respiration).

Bien qu'ils aient été plantés plus tard, les indices de la qualité des sols sont meilleurs sous *Clitoria* que sous *Inga*, tant au niveau biomasse microbienne que diversité. Les conditions très contraignantes du sol n'ont pas gêné le développement de cette espèce et lui a même permis d'améliorer la qualité du sol. *Clitoria* semble particulièrement adaptée aux sables blancs rencontrés dans l'Ouest guyanais.

Toutefois, l'effet des arbres fixateurs sur la fertilité n'a pas été détecté sur le site n°2 de Bassin Mine D'or. Sur ce dispositif, on remarque du sable blanc pratiquement pur avec pratiquement pas de la matière organique et de moins bonne qualité que sur les autres sites (Tableau 3) avec une végétation herbacée peu développée. Tout cela combiné avec des attaques incessantes de fourmis-maniocs. Ce sol est alors *a priori* impropre à l'agriculture.

Conclusion

Les temps de jachères sur des sols peu fertile comme sur ces sols de sables blancs doivent durer au moins 10 ans entre chaque cycle de culture (principalement cultures d'ananas ou de maniocs qui sont peu exigeantes en nutriments). C'est le temps estimé nécessaire pour une récupération « normale » de la fertilité des sols. L'utilisation de plants fixateurs d'azote a pour but de réduire ces temps de jachère. Des essais sur sols miniers dégradés, donc extrêmement pauvres, ont déjà montré que l'utilisation de ce types de plantes permettait de récupérer une fertilité d'origine (cf : de la forêt) au bout de 6 ans. Il est donc envisageable qu'une récupération satisfaisante de la fertilité (au même niveau d''avant la déforestation) se fasse plus rapidement sur ces sites moins impactés qu'une perturbation minière. La durée de cette programmation RITA ne permettait pas un suivi sur un plus long terme (suivi sur un an et demi). Il est donc souhaitable de continuer ces expérimentations, qui resteront en place, dans le prochain RITA.

Un an et demi après la mise en place des arbres fixateurs, on observe déjà une amélioration de la qualité des sols dans deux essais sur trois. Cette amélioration pourrait être largement renforcée en tenant compte de plusieurs critères :

- le choix des espèces les mieux adaptées au sol et à la région évitant ainsi une forte mortalité des arbres. Seules deux espèces du genre *Inga* et une du genre *Clitoria* ont été testés ici. Cette étude nous a montré que *Clitoria* supportait mieux les sables blancs que les deux espèces d'*Inga*, celles-ci se développant mieux sur un sol plus argileux. Des recherches bibliographiques montrent qu'il existe en Guyane d'autres espèces potentiellement mieux adaptées aux sols peu fertiles et subissant de fortes périodes de sécheresses qu'il serait intéressant de tester comme *Inga thibaudiana* ou *Abarema jupunba*.

- l'association avec d'autres amendements. Même si les arbres se développent et fournissent de la matière organique riche en azote, le fait d'être sur du sable, ne permet pas de la stocker. En effet, le sable lessivé par les pluies, ne retient pas cette matière organique. Un moyen de retenir les éléments nutritifs serait de rajouter dans le sol du charbon de bois ou biochar (voir fiche technique Charbon) qui a la propriété de retenir l'eau, limitant ainsi les

stress hydriques, les éléments minéraux et la matière organique. L'avantage de ce type d'amendement est son prix modéré et sa pérennité : un seul apport suffit.

Outre l'amélioration de la fertilité des sols, les arbres fixateurs d'azote installés en jachère active peuvent assurer une source de revenu pour les agriculteurs. Ils pourront être vendus, en fin de cycle (5-6 ans), à des usines de biomasse. Ces arbres pourront à la fois produire de la biomasse et permettre, de réaliser un mulch avec les feuilles au moment de la coupe qui viendront enrichir le sol avant sa mise en culture.

Fiches descriptives des espèces de plantes de services utilisées

Arachis pintoi

Arachis pintoï - Fabaceae

SOLICAZ nos terres... une ressource

DÉNOMINATION

Nom vernaculaire: Arachide pintoï, Pinto
Anglais: Pinto peanut

Origine: Brésil

Présence en Guyane: espèce introduite

Reconnaissance

- Légumineuse herbacée pérenne
- Feuilles ovales, poilues sur la face inférieure, alternes et composées de 4 folioles

- Fleurs jaune intense
  Début de floraison
  4 semaines après émergence
- Système racinaire:
  Racine pivotante (profondeur 1,50 m ou plus), racines secondaires et rhizomes (tiges souterraines)
- Développement rampant, présence de nombreux stolons, formation d'un tapis en surface (hauteur max 50 cm)

Caractéristiques

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: sableux à argileux, humides, bien drainés, pH bas voire neutre, modérément fertiles

Tolérance	Résistance	Sensibilité
acidité, Aluminium, Manganèse, ombre	sécheresse (résiste 4 à 5 mois max)	salinité et rouille

⇨ Colonisation lente : développement du couvert végétal en 6 mois
Température optimale de croissance entre 22 et 28°C

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Arachis pintoï - Fabaceae

Mise en place

- Densité de semis : 10kg/ha*
- Implantation:

Quand? Début de saison des pluies (parcelle parfaitement nettoyée de ses mauvaises herbes)

Où? S'adapte à toutes les zones d'implantation sauf les bas-fonds

Comment? Semis ou boutures*

Peut être associée à des Graminées : *Brachiara decumbens, Brachiaria dictyoneura, Paspalum notatum, Axonopus affinis, Digitaria eriantha, Panicum maximum sp, Cynodon sp.*

Achat des semences

Semences disponibles auprès de SEFO SAM (Bolivie)

Utilisations

Apport d'azote	Association en verger	Pâturages*	Fourrage
✔	✔	✔	✔
fixation d'azote jusqu'à 200 kg d'azote/ha/an	plante de couverture, lutte contre l'érosion, contrôle des adventices		bonne appétence pour le bétail*

Rhizobia symbiotiques d'*Arachis pintoï*

Arachis pintoï peut effectuer une symbiose avec des souches de *Bradyrhizobium* (souches QA1091 et CIAT3101).

* données tirées d'IKARE, Fiche *Arachis pintoï*

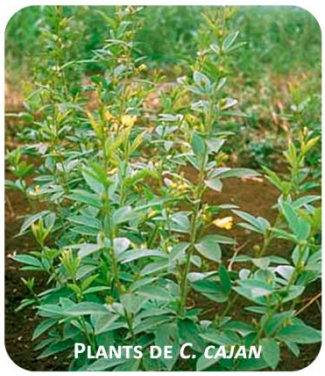
Bibliographie http://www.tropseeds.com/wp-content/uploads/2013/03/Arachis-pintoi-folleto-210313.pdf - http://www.plantsystematics.org/imgs/robbin/r/Fabaceae_Arachis_pintoi_37495.html - http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/cgi-bin/taxnodul.pl?language=fr - IKARE, Fiche *Arachis pintoï* - Sophie Gonzalez, Herbier de Guyane - http://www.fao.org/AG/agp/agpc/doc/G-base/DATA/pf000463.htm

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Cajanus cajan

Cajanus cajan - Fabaceae


J. Ferwerda, Plant Production Systems Group, Wageningen UR, http://www.prota4u.org/

Plants de *C. cajan*

Dénomination

Nom vernaculaire: Ambrévade
Créole: Pois d'Angole
Anglais: Pigeon pea
Brésilien: Guando

Origine: Asie

Présence en Guyane: espèce introduite

Reconnaissance

- Légumineuse herbacée pérenne
- Feuilles trifoliées, alternes, situées dans une spirale autour de la tige

Plants de *C. cajan*

Solicaz

Visoflora, http://www.visoflora.com/

Inflorescence de *C. cajan*

- Fleurs multicolores avec prédominance du jaune, rouge, violet et orange
  Début de floraison 60 jours après émergence
- Système racinaire: racine pivotante puissante (profondeur 2 m ou plus) capable d'explorer les horizons profonds et de décompacter le sol

Caractéristiques

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: sableux à argileux, bien drainés, pH bas voire neutre (5 à 7)

Tolérance
sécheresse, Aluminium et Chlorure de sodium
→ pas plus de 0,0005g dans un sol sableux (Krause, 1932)

Sensibilité
salinité et excès d'eau

⇨ Implantation lente qui s'accélère 2 à 3 mois après le semis
Température optimale de croissance entre 18 et 30°C

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

CAJANUS CAJAN - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

MISE EN PLACE

- Densité de semis : 25kg/ha*
- Implantation:

OÙ? Zone bien drainée*

COMMENT? Semis*

Peut être associé à des Graminées : *Brachiara sp, Panicum maximum sp,* Canne fourragère, Sorgho.*

Achat des semences

Semences disponibles auprès de:

> Chambre d'agriculture de Guyane
Accueil: 05 94 29 61 95

> SEFO SAM (Bolivie)

> WOLF SEEDS (Brésil)

UTILISATIONS

Apport d'azote	Association en verger (ex: citronnier)	Pâturages*	Fourrage
✔	✔ plante de couverture, lutte contre l'érosion, contrôle des adventices	✔	✔ appétence moyenne pour le bétail*

RHIZOBIA SYMBIOTIQUES DE *CAJANUS CAJAN*

Il existe trois genres symbiotiques du pois d'Angole :

→ *Rhizobium* (souche IHP 100)
→ *Sinorhizobium fredii* et *Sinorhizobium xinjiangense*
→ *Bradhyrizobium japonicum* (souches TAL 1039, TAL 36 et TAL 191)

* données tirées d'IKARE, Fiche *Cajanus cajan*

BIBLIOGRAPHIE http://www.visoflora.com/photos-nature/photo-cajanus-cajan.html - http://www.prota4u.org/protav8.asp?fr=1&p=Cajanus+cajan+(L.)+Millsp - http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/cgi-bin/taxnodul.pl?language=fr - IKARE, Fiche *Cajanus cajan* - Sophie Gonzalez, Herbier de Guyane - http://www.memoireonline.com/07/12/5998/Diversite-genetique-des-Rhizobia-associes--un-champ-de-pois-dAngole-Cajanus-cajan-l--Y.html

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Calopogonium mucunoides

Calopogonium mucunoïdes - Fabaceae

SOLICAZ nos terres... une ressource

Dénomination

Nom vernaculaire: Calopo
Brésilien: Orelha de onça

Origine: Arc antillais

Présence en Guyane: espèce introduite

Reconnaissance

- Légumineuse herbacée pérenne rampante volubile
- Tiges poilues
- Fleurs bleu-violet

http://www.inaturalist.org/

Scamperdale, some rights reserved (CC BY-NC)

Solicaz

- Feuilles trifoliées
- Système racinaire:
  Dense et profond (profondeur 50 cm max)

Caractéristiques

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: adaptable à un large spectre de sols mais préfère les sols argileux, pH 4,5-5,5

Tolérance	Sensibilité
acidité, Aluminium, excès d'eau temporaire	sécheresse et salinité

⇨ Implantation rapide
Température optimale de croissance entre 24 et 36°C

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

CALOPOGONIUM MUCUNOÏDES - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

Fiche espèce

MISE EN PLACE

- Densité de semis : 2kg/ha en association* | 5kg/ha en pur *
- Implantation:

OÙ? S'adapte à toutes les zones sauf les bas-fonds

COMMENT? Semis*

Peut être associé à des Graminées : *Brachiara sp, Panicum maximum sp, Cynodon sp.*

Solicaz

C. MUCUNOÏDES EN ASSOCIATION AVEC UN CITRONNIER

Achat des semences

Semences disponibles auprès de:

> Chambre d'agriculture de Guyane
Accueil: 05 94 29 61 95

> SEFO SAM (Bolivie)

> GASPARIM (Brésil)

> PIRAI SEMENCES (Brésil)

UTILISATIONS

Apport d'azote	Association en verger	Pâturages*	Fourrage
✔	✔ plante de couverture, lutte contre l'érosion, contrôle des adventices	✔	✔ appétence moyenne pour le bétail*

RHIZOBIA SYMBIOTIQUES DE *CALOPOGONIUM MUCUNOÏDES*

Non spécialisé dans son exigence en rhizobium.

* données tirées d'IKARE, Fiche *Calopogonium mucunoïdes*

BIBLIOGRAPHIE http://www.inaturalist.org/taxa/280673-Calopogonium-mucunoides - http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/cgi-bin/taxno-dul.pl?language=fr - IKARE, Fiche *Calopogonium mucunoïdes* - Sophie Gonzalez, Herbier de Guyane - http://www.-fao.org/AG/agp/agpc/doc/Gbase/data/pf000011.htm

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Canavalia ensiformis

CANAVALIA ENSIFORMIS - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

DÉNOMINATION

Nom vernaculaire: Pois cochon
Anglais: Jack bean

Origine: Mexique

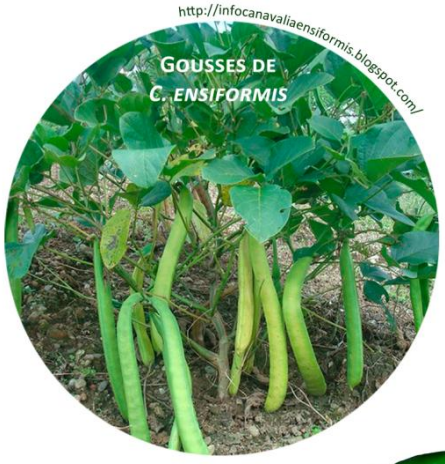
Présence en Guyane: espèce introduite

http://infocanavaliaensiformis.blogspot.com/

RECONNAISSANCE

- Légumineuse herbacée annuelle vigoureuse
- Fleurs mauves, roses ou blanches

http://fairdinkumseeds.com/



http://infocanavaliaensiformis.blogspot.com/

- Feuilles trifoliées

- Système racinaire: puissant, sous forme de pivot descendant à plus d'un mètre de profondeur
- Développement rampant

CARACTÉRISTIQUES

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: adapté aux sols pauvres, pH 4,5-7,5

Tolérance
ombre, engorgement

Résistance
sécheresse
(résiste 4 à 5 mois max)

- Améliore la qualité chimique du sol: pH et taux de saturation en éléments fertilisants
- Produit des graines facilement récoltables
- Propriétés némato-régulatrices: sécrète des toxines nématicides ou ralentissant le développement des nématodes
- Propriétés fongicides : lutte contre les fourmis manioc en attaquant le champignon symbiotique qu'elles cultivent

⇨ Colonisation lente : développement du couvert végétal en 6 mois
Température optimale de croissance entre 22 et 28°C

Fiche espèce

GUYANE LA RÉGION · l'Europe s'engage en Guyane avec le FEADER · INRA SCIENCE & IMPACT · cirad · RITA · Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

CANAVALIA ENSIFORMIS - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

MISE EN PLACE

- Implantation:

QUAND? Début de saison des pluies

COMMENT? Semis

Achat des semences

Semences disponibles auprès de:

> Chambre d'agriculture de Guyane
Accueil: 05 94 29 61 95

> SEFO SAM (Bolivie)

Solicaz

http://fairdinkumseeds.com/

UTILISATIONS

Apport d'azote	Plante de couverture	Fourrage
✔	✔	✔
fixation d'azote jusqu'à 800 kg d'azote/ha/an	lutte contre l'érosion, contrôle des adventices	

RHIZOBIA SYMBIOTIQUES DE *CANAVALIA ENSIFORMIS*

Il existe deux genres symbiotiques de *Canavalia ensiformis*:

→ *Bradyrhizobium*
→ *Sinorhizobium*

BIBLIOGRAPHIE http://fairdinkumseeds.com/ - http://infocanavaliaensiformis.blogspot.com/ - http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/cgi-bin/-taxnodul.pl?language=fr - Sophie Gonzalez, Herbier de Guyane - http://translate.google.gp/translate?hl=fr&sl=es&u=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fpid%3DS0258-59362012000400003%26script%3Dsci_arttext&prev=search

GUYANE LA RÉGION · l'Europe s'engage en Guyane avec le FEADER · INRA SCIENCE & IMPACT · cirad · RITA · MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Contact SOLICAZ info@solicaz.fr

Fiche espèce

Clitoria fairchildiana

CLITORIA FAIRCHILDIANA - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

Fiche espèce

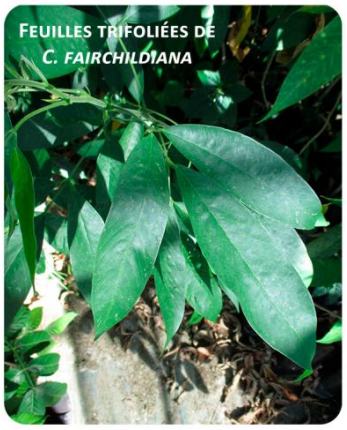
DÉNOMINATION

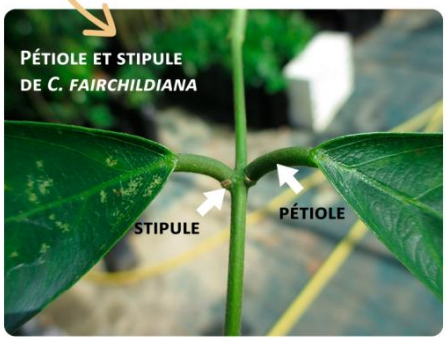
Nom vernaculaire: Clitorie de Fairchild
Brésilien: Sombreiro, Faveira, Palheleira, Sombra de vaca
Anglais: Fairchild pigeonwings
Vénézuélien: Carauta, Sonbrero

Origine: Brésil

RECONNAISSANCE

- Arbre fixateur d'azote
  Peut atteindre jusqu'à 45 m de hauteur et 65 cm de diamètre
- Feuilles trifoliées avec stipule persistant





Solicaz

- Fleurs violettes/pourpres
- Écorce lisse et grisâtre, avec parfois des lenticelles

CARACTÉRISTIQUES

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: pauvres et acides

MISE EN PLACE

⇨ Présent dans les plaines des forêts tropicales ou en bordure des cours d'eau

UTILISATIONS

Apport d'azote	Paturâges	Agroforesterie
✔	✔ utilisé en haie	✔ utilisé en associations culturales

BIBLIOGRAPHIE http://uforest.org/Species/C/Clitoria_fairchildiana.html - Solicaz, Livret technique *Inga*

GUYANE LA RÉGION · l'Europe s'engage en Guyane avec le FEADER · INRA SCIENCE & IMPACT · cirad · RITA · Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt

Contact SOLICAZ info@solicaz.fr

Crotalaria spectabilis

Crotalaria spectabilis - Fabaceae

http://www.pirai.com.br/

Champ de *C. spectabilis*

Dénomination

Nom vernaculaire: Crotalaire remarquable
Anglais: Rattlebox

Origine: Guyana

Présence en Guyane: espèce introduite

Reconnaissance

- Légumineuse herbacée annuelle
- Feuilles alternes, simples, densément poilues sur la face inférieure, pétioles courts
- Forme de croissance: plante dressée

2012, http://www.jaxshells.org/

Inflorescence de *C. spectabilis*

- Fleurs jaune foncé
- Système racinaire: pivot plutôt court avec de très nombreuses racines latérales

Plants de *C. spectabilis*

Solicaz

Caractéristiques

- Arbustive
- Produit des substances toxiques pour les insectes
- Limite le flétrissement bactérien

C. spectabilis possède des propriétés némato-régulatrices. Cette plante est donc bénéfique en association avec des bananiers, qui sont hôtes des nématodes.

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

CROTALARIA SPECTABILIS - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

MISE EN PLACE

- Densité de semis : 10kg/ha en association* / 20 kg/ha en pur*
- Implantation:

QUAND? Début de saison des pluies (parcelle parfaitement nettoyée de ses mauvaises herbes)

OÙ? Zone bien drainée*

COMMENT? Semis*

→ Peut être associée à des Graminées : *Brachiara sp, Panicum maximum sp, Cynodon sp.*

Achat des semences

Semences disponibles auprès de:

> Chambre d'agriculture de Guyane **Accueil: 05 94 29 61 95**

> WOLF SEEDS (Brésil)

> PIRAI SEMENCES (Brésil)

UTILISATIONS

Apport d'azote	Association en verger	Pâturages*	Fourrage
✔	✔	✔	✔
fixation d'azote jusqu'à 220 kg d'azote/ha/an	plante de couverture, lutte contre l'érosion, contrôle des adventices		bonne appétence pour le bétail*

RHIZOBIA SYMBIOTIQUES DE *CROTALARIA SPECTABILIS*

Les Crotalaires sont généralement associées à :

- → *Bradyrhizobium sp*
- → *Rhizobium leguminosarum*
- → *Bradyrhizobium japonicum*
- → *Burkholderia sp*
- → *Methylbacterium nodulans*

Crotalaria spectabilis est quant à elle associée à *Mesorhizobium sp*.

* données tirées d'IKARE, Fiche *Crotalaria spectabilis*

BIBLIOGRAPHIE http://www.jaxshells.org/lake1.htm - http://southeastgarden.com/crotalaria.html - http://www.pirai.com.br/texto-b30-crotalaria_spectabilis.html - IKARE : Fiche *Crotalaria spectabilis* - Herbier de Guyane, Sophie Gonzalez - http://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=7908&context=masters_theses

Contact SOLICAZ info@solicaz.fr

Fiche espèce

Desmodium ovalifolium

DESMODIUM OVALIFOLIUM - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

DÉNOMINATION

Nom vernaculaire: Desmodium ovalifolium
Anglais: Desmodium ovalifolium

Origine: Asie

Présence en Guyane: espèce introduite

CULTURES DE *D. OVALIFOLIUM*

http://ncna-nak.dld.go.th

RECONNAISSANCE

- Légumineuse herbacée pérenne
- Feuilles: jeunes plants → feuilles simples
  plants matures → feuilles unifoliées ou trifoliées

FEUILLES DE *D. OVALIFOLIUM*

CIAT, http://www.tropicalforages.info

- Fleurs violettes à rose foncé

INFLORESCENCE DE *D. OVALIFOLIUM*

http://international_extension.ifas.ufl.edu/

- Développement rampant, présence de nombreux stolons
- Forme de croissance : plante dressée

CARACTÉRISTIQUES

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: adapté aux sols peu fertiles, acides, riches en Aluminium, Manganèse et pauvres en Phosphore

⇨ Colonisation lente
Enracinement peu profond

⇨ Légumineuse la plus pérenne sur sol de savane en association avec le kikuyu
Faible production de graines et semences difficiles à acquérir

Tolérance

ombre

Résistance

sécheresse
(résiste 4 mois max)

Fiche espèce

GUYANE LA RÉGION · l'Europe s'engage en Guyane avec le FEADER · INRA SCIENCE & IMPACT · cirad · RITA · Ministère de l'Agroalimentaire et de la Forêt

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

DESMODIUM OVALIFOLIUM - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

Fiche espèce

MISE EN PLACE

Solicaz

- Implantation:

OÙ? S'adapte aux zones inondables temporaires et aux zones bien drainées

COMMENT? Boutures*

Peut être associé à des Graminées : *Brachiara sp, Panicum maximum sp, Cynodon sp.*

Achat des semences

Semences disponibles auprès de SEFO SAM (Bolivie)

UTILISATIONS

Apport d'azote	Association en verger	Pâturages	Fourrage
✔	✔	✔	✔
	plante de couverture, lutte contre l'érosion, contrôle des adventices		appétence moyenne à faible pour le bétail

RHIZOBIA SYMBIOTIQUES DE *DESMODIUM OVALIFOLIUM*

Les *Bradyrhizobium* (souches CIAT 4099) peuvent réaliser des symbioses avec *Desmodium ovalifolium*.

* données tirées d'IKARE, Fiche *Desmodium ovalifolium*

BIBLIOGRAPHIE http://international_extension.ifas.ufl.edu/La-Flor/weeds-of-costa-rica/MALEZAS/Leguminosas/desmodium-ovalifoliumau.shtml - http://www.tropicalforages.info/-key/Forages/Media/Html/Desmodium_heterocarpon_subsp._ovalifolium.htm - http://ncna-nak.dld.go.th/oldweb/in-troducelegumee.html - http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/cgi-bin/taxnodul.pl?language=fr - IKARE : Fiche *Desmodium ovalifolium* - Sophie Gonzalez, Herbier de Guyane - http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000038.htm

Contact SOLICAZ info@solicaz.fr

Inga edulis

INGA EDULIS - FABACEAE

DÉNOMINATION

Nom vernaculaire: Pois sucré
Brésil : Inga cipo, Inga de macao, Inga macarrao
Guyana: Ice-cream bean, Whitet, Waikey
Surinam: Swit Bonki

Présence en Guyane: espèce cultivée, endémique du plateau des Guyanes

RECONNAISSANCE

- Arbre fixateur d'azote: peut atteindre jusqu'à 30 m de hauteur et 60 cm de diamètre
- Les branches forment une canopée dense
  Jeunes rameaux anguleux et couvert de poils fins
- Écorce couleur gris pâle

- Feuilles:
  Composées de 4 à 6 paires de folioles densément pubescentes

  Sur le rachis, entre chaque foliole, présence d'une glande nectarifère

  Glandes elliptiques à ouverture comprimée mesurant 2 à 3 mm, en forme de bouche

  Partie terminale de la feuille plus large que la partie basale

  Rachis ailé plutôt large (1,7 cm) et pubescent, mesurant de 7 à 20 cm de long, ailes plutôt parallèles au rachis

  Pétiole très court

  Stipule de 2 à 6 mm

CARACTÉRISTIQUES

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: pauvres et acides, pouvant être humides pendant 2 à 3 mois

Résistance

sécheresse

Résultats meilleurs sur sols limono-argileux et limono-sableux que sur sols purement sableux

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

INGA EDULIS - FABACEAE

MISE EN PLACE

- Implantation:

QUAND? Saison des pluies

COMMENT?

Semis direct en pépinière sous ombrière à 30% pendant au moins 2 mois puis exposition des plants à la lumière pendant 1 mois avant transplantation en plein champ

⇨ Espèce présente dans les plaines des forêts tropicales ou en bordure des cours d'eau

Solicaz

UTILISATIONS

Apport d'azote	Alimentation humaine	Énergie	Bois Raméal Fragmenté	Bétail
✔	✔	✔ production d'énergie issue de sa biomasse	✔ intéressant pour la fabrication d'un BRF	✔ ombrage et fourrage de bonne appétence

BIBLIOGRAPHIE

http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Inga_edulis.PDF - http://www.memoireonline.com/03/10/3243/m_Inventaire-des-especes-ligneuses-locales-pour-le-reboisement-a-des-fins-energet20.html - http://www.google.gp/imgres?imgurl=http://www.photomazza.com/IMG/640x436xjpg_L_Inga_edulis_puo_raggiungere_i_25_m_d_altezza_con_una_larga_chioma_c_Giuseppe_Mazza.jpg.pagespeed.ic.p-lyATlp8b.jpg&imgrefurl=http://www.photomazza.com/?Inga-edulis&h=436&w=640&tbnid=flyYeWrIt6U4mM:&zoom=1&docid=aNVbllTwDDtqiM&ei=lXlfVfvaOMqzggTlo4GgAg&tbm=isch&ved=0CBsQMygAMAA - Solicaz, Livret Technique *Inga*

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Inga ingoides

INGA INGOÏDES - FABACEAE

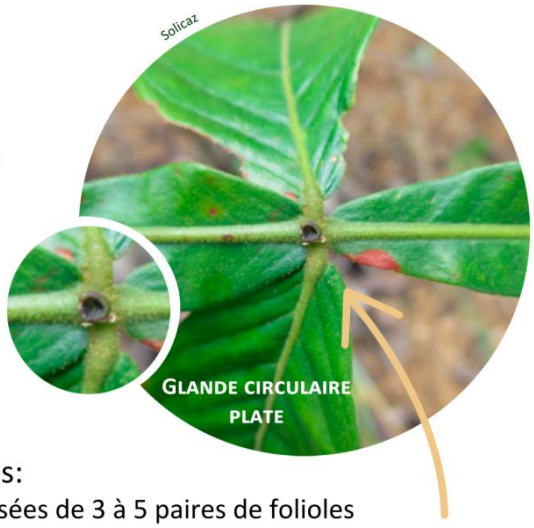
DÉNOMINATION

Nom vernaculaire: Pois sucré
Brésil : Inga cipo, Inga de mico
Guyana: Waikey, Warakusa
Surinam: Swietieboontje, Warapotre

Présence en Guyane: espèce cultivée, endémique du plateau des Guyanes

RECONNAISSANCE

- Arbre fixateur d'azote: peut atteindre jusqu'à 30 m de hauteur et 65 cm de diamètre



Solicaz
FEUILLES ET GOUSSES D'*INGA INGOÏDES*

- Feuilles:
  Composées de 3 à 5 paires de folioles
  Sur le rachis, entre chaque foliole, présence d'une glande nectarifère
  Glandes circulaires plates mesurant de 1 à 2 mm
  Rachis ailé pubescent, mesurant 2,7 cm de large et de 9 à 17 cm de long
  Pétiole pubescent de 1,2 à 5,5 cm
  Stipule pubescent de 0,6 à 1,5 cm

CARACTÉRISTIQUES

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: pauvres et acides, pouvant être imbibés d'eau pendant 2 à 3 mois

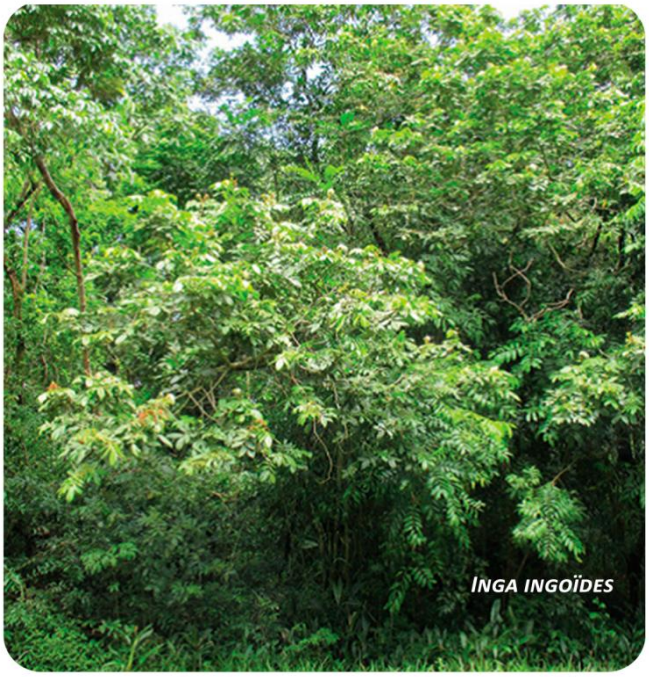
Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

INGA INGOÏDES - FABACEAE

MISE EN PLACE

- Espèce présente dans les forêts secondaires, les pâturages et dans les zones inondables avec mauvais drainage.



Solicaz

UTILISATIONS

Apport d'azote	Alimentation humaine	Énergie
✔	✔	✔ production d'énergie issue de sa biomasse

BIBLIOGRAPHIE Solicaz, Livret technique *Inga*

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Pueraria phaseoloides

PUERARIA PHASEOLOÏDES - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

Fiche espèce

DÉNOMINATION

Nom vernaculaire: Kudzu
Anglais: Pigeon pea

Origine: Asie

Présence en Guyane: espèce introduite

RECONNAISSANCE

- Légumineuse herbacée pérenne

http://international_extension.ifas.ufl.edu/

INFLORESCENCE DE *P. PHASEOLOÏDES*

Solicaz

FEUILLES TRIFOLIÉES DE *P. PHASEOLOÏDES*

- Feuilles trifoliées
- Fleurs couleur mauve violacé
- Développement sous forme de liane rampante

CARACTÉRISTIQUES

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: adapté à un large spectre de sols

Tolérance

ombre

Sensibilité

excès de salinité

- Si les feuilles ne sont pas pâturées, elles sont attaquées par des chenilles
- Très forte nodulation
- Implantation à la volée facile après brûlis sur sol de forêt
- Peut être envahissante

⇨ Colonisation lente
Température optimale de croissance autour de 15°C

GUYANE LA RÉGION · l'Europe s'engage en Guyane avec le FEADER · INRA SCIENCE & IMPACT · cirad · RITA · Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

PUERARIA PHASEOLOÏDES - FABACEAE

SOLICAZ nos terres... une ressource

MISE EN PLACE

- Densité de semis : 2kg/ha en association* / 5kg/ha en pur *
- Implantation:

OÙ? S'adapte à toutes les zones (zones de forte pente, zones inondables humides, zones bien drainées) sauf les bas-fonds*

COMMENT? Semis*

→ Peut être associé à des Graminées : *Brachiara sp, Panicum maximum sp.*

https://floraofsingapore.wordpress.com

PLANTS DE *P. PHASEOLOÏDES*

Achat des semences

Semences disponibles auprès de:

> WOLF SEEDS (Brésil)

> PIRAI SEMENCES (Brésil)

UTILISATIONS

Apport d'azote	Association en verger	Pâturages*	Fourrage
✔	✔	✔	✔
fixation d'azote jusqu'à 70 kg d'azote/ha/an	plante de couverture, lutte contre l'érosion, contrôle des adventices		appétence moyenne pour le bétail*

RHIZOBIA SYMBIOTIQUES DE *PUERARIA PHASEOLOÏDES*

Pueraria phaseoloïdes peut effectuer une symbiose avec des souches de *Bradyrhizobium* (CIAT 2434, 3850 ou 3918).

* données tirées d'IKARE, Fiche *Pueraria phaseoloïdes*

BIBLIOGRAPHIE http://international_extension.ifas.ufl.edu/LaFlor/weeds-of-costa-rica/MALEZAS/Leguminosas/pueraria-phaseoloidesau.shtml - https://floraofsingapore.wordpress.com/2010/04/02/pueraria-phaseoloides/ - http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/cgi-bin/-taxnodul.pl?language=fr - IKARE, Fiche *Pueraria phaseoloïdes* - Sophie Gonzalez, Herbier de Guyane - http://www.tropical-forages.info/key/Forages/Media/Html/Pueraria_phaseoloides.htm

Fiche espèce

Contact SOLICAZ info@solicaz.fr

Stylosanthes campo grande

Stylosanthes campo grande - Fabaceae

SOLICAZ nos terres... une ressource

Fiche espèce

Hybride: croisement entre *Stylosanthes habitant* (80%) et *Stylosanthes macrocephala* (20%)

DÉNOMINATION

Nom vernaculaire: Stylosanthes campo grande
Brésil: Estilosantes campo grande

Origine: Brésil

Présence en Guyane: espèce absente à l'état naturel

Reconnaissance

- Légumineuse herbacée pérenne

Feuilles de *S. campo grande*

http://comprar-vender.mfrural.com.br/

Champ de *S. campo grande*

Caractéristiques

- Climat: zones tropicales ou subtropicales humides
- Sols: adapté aux sols sableux

Résistance

sécheresse

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Stylosanthes campo grande - Fabaceae

SOLICAZ nos terres... une ressource

Mise en place

- Densité de semis : 3 à 5 kg/ha en association* | 6 à 8 kg/ha en pur *
- Implantation:

Quand? Début de saison des pluies

Où? Zone drainante

Comment? Semis*

→ Peut être associé à des Graminées : *Brachiara sp, Panicum maximum sp.*

Achat des semences

Semences disponibles auprès de:

> Chambre d'Agriculture de Guyane
Accueil: 05 94 29 61 95

> WOLF SEEDS (Brésil)

> PIRAI SEMENCES (Brésil)

Plants de *S. campo grande*

Utilisations

Apport d'azote	Plante de couverture	Engrais vert	Pâturages	Fourrage
✓	✓	✓	✓	✓
fixation d'azote de 60 à plus de 180 kg d'azote/ha/an	contrôle des adventices			bonne appétence pour le bétail

Rhizobia symbiotiques de *Stylosanthes campo grande*

Non spécialisé dans son exigence en rhizobium.

* données tirées d'IKARE, Fiche *Stylosanthes campo grande*

Bibliographie http://comprar-vender.mfrural.com.br/detalhe/estilosantes-campo-grande-alto-teor-proteico-e-ideal-para-solos-fracos--55680.aspx - http://www.sementesmanejo.com.br/produtos/estilosantes-campo-grande/ - http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/cgi-bin/taxnodul.pl?language=fr - IKARE, Fiche *Stylosanthes campo grande* - Sophie Gonzalez, Herbier de Guyane

Fiche espèce

Contact
SOLICAZ
info@solicaz.fr

Etude de traitements autre que organiques sur la fertilité des sols

Comparaison de différents types de traitements (apport organique, apport minéral et solarisation) sur le fonctionnement biologique du sol.

L'action MARBO du projet GUYAFER s'intéresse à l'apport de matière organique dans les systèmes maraîchers et fruitiers sur la fertilité des sols. Sur chaque essai mené, les zones traitées (avec amendement organique) ont été comparées à des zones témoins (même traitements en dehors de l'apport de l'amendement). Cependant, un essai mis en place avec différents partenaires sur la parcelle du CFPPA de Cacao contenait différentes modalités : 2 amendements testés (compost et *terra preta*), témoin (sol nu) et pratiques habituelles de l'agriculteur (engrais chimique). Le détail du dispositif est décrit dans les fiches individuelles des essais. De plus, une bâche de solarisation a également été posée sur une partie des billons avant l'expérimentation dans le but de limiter l'impact du flétrissement bactérien sur la culture d'aubergines. Cet essai réalisé sur un même site est intéressant dans le sens où il permet une comparaison de l'impact de différents itinéraires sur la fertilité du sol en s'affranchissant des biais lié aux conditions pédoclimatiques.

Comparaison entre amendements organiques et engrais chimiques sur fonctionnement biologique du sol.

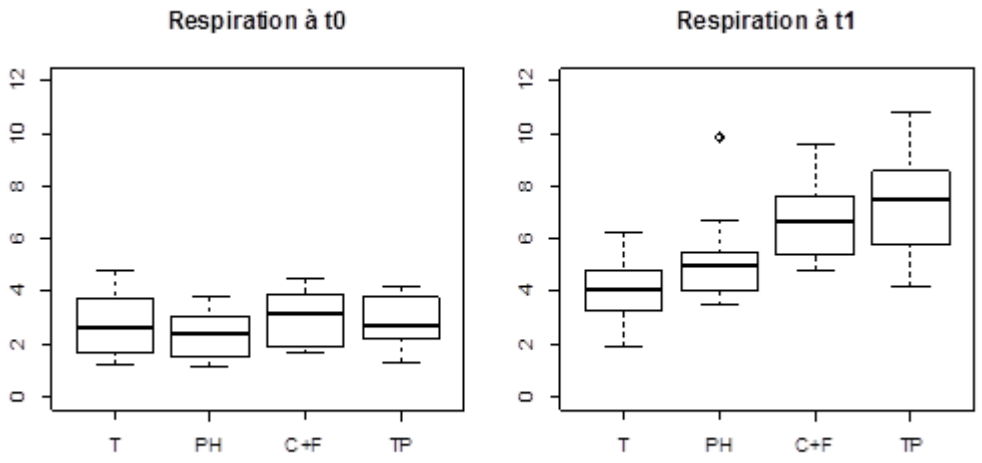


Figure 1 : Boxplots ou « boites à moustache » représentant l'activité respiratoire (en µg C-CO2/g sol/h) sur les modalités Témoin (T), pratique habituelle (PH), compost et fumier (C+F) et *terra preta* (TP) à t0 (mise en place des amendements) et t1 (+4.5 mois). Les bornes du rectangle montrent les valeurs du 1er et 3ème quantile. A l'intérieur, se trouve la valeur médiane. Les moustaches traduisent l'étendue de la répartition des données.

La comparaison des différentes modalités (Témoin, pratique habituelle, compost+fumier et *terra preta*) sur la respiration des sols (Figure 1) montre que les matières organiques fournies par le compost et la *terra preta* stimulent l'activité biologique des sols plus que les engrais chimiques, augmentant ainsi leur fertilité (t1). En effet, ces engrais, contrairement à la matière organique, sont des éléments minéraux assimilés directement par les cultures sans transformation préalable par la microflore du sol. On considère alors que le sol a essentiellement un rôle de support puisqu'on pourvoie au besoin des cultures. Toute la technicité de cette méthode consistera à évaluer les besoins de la plante pour adapter l'apport à ses besoins en limitant ainsi les coûts et la pollution des sols et de l'eau.

On peut préciser que l'on ne remarque pas ici de différences significatives entre les deux modalités d'amendements organiques (compost et *terra preta* artisanale). Ce qui différencie ici ces deux modalités c'est la présence de charbon broyé dans la *terra preta* (qui contient aussi du compost).On peut toutefois s'attendre que la modalité *terra preta* améliore plus

longuement la fertilité des sols par les propriétés de rétention de son charbon (stockage de la matière organique et refuge pour les micro-organismes où ils peuvent se développer).

Impact de la solarisation sur les activités biologiques :

Une bâche de de solarisation a été installée 45 jours avant la mise en place des amendements et de la culture d'aubergine sur une partie de l'expérimentation. La bâche a été enlevée une semaine avant le t0. Le t1 correspond à 4,5 mois après le retrait de la bâche. Deux itinéraires ont ensuite été suivis après solarisation : Compost+fumier et engrais chimiques (pratique habituelle).

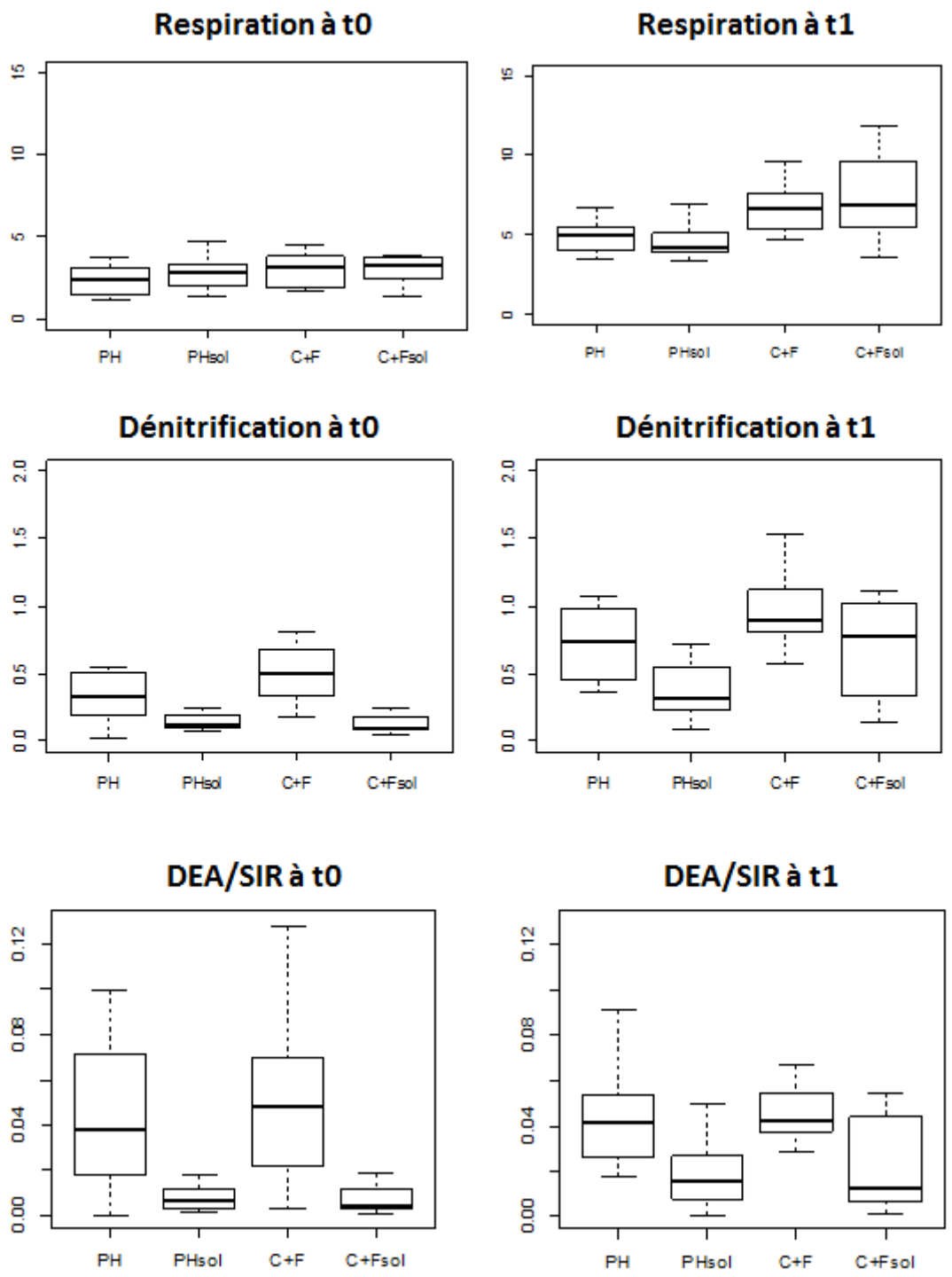


Figure 2 : Boxplots ou « boites à moustache » représentant l'activité respiratoire (en µg C-CO2/g sol/h), l'activité dénitrifiante (en µg N-N2O/g sol/h) et ratio DEA/SIR sur les modalités pratique habituelle (PH), pratique habituelle avec solarisation (PHsol), compost+fumier (C+F) et compost+fumier avec solariation(C+Fsol) à t0 (mise en place des amendements, retrait de la bâche depuis une semaine) et t1 (+4.5 mois).

Les analyses de sol avant pose de la bâche n'ont pas été réalisées. Une semaine après le retrait de celle-ci (t0), on ne remarque pas de différence sur l'activité respiratoire entre les modalités avec et sans solarisation (Figure 2). Cela signifie que la solarisation n'a pas eu d'impact sur la biomasse microbienne active qui a donc bien résisté face à la contrainte environnementale Cependant, nous remarquons une baisse de l'activité dénitrifiante et du ratio DEA/SIR sous solarisation. La communauté dénitrifiante a alors été fortement impactée. Le *Ralstonia* est une bactérie dénitrifiante du sol, il est donc probable que l'augmentation de la température sous la bâche de solarisation ait permis de limiter ce pathogène.

4,5 mois après le retrait de la bâche, les mêmes tendances sont observées, mais nous remarquons que les différences de niveau d'activité dénitrifiante et du ratio DEA/SIR sont moins prononcées entre les modalités avec et sans solarisation. Cela veut dire que la communauté dénitrifiante est en train de récupérée progressivement ses fonctions. Toutefois, à 4.5 mois, cette résilience n'est pas complète.

En conclusion, la bâche de solarisation n'a pas d'impact sur l'activité globale des sols (respiration) : le sol pourra donc remplir ses fonctions liées à la minéralisation de la matière organique afin de nourrir les cultures. Parallèlement, la communauté dénitrifiante en est fortement impactée. Des études complémentaires pourraient déterminer si cela touche le *Ralstonia* qui est partie intégrante de cette communauté. Les résultats de cet essai sur la mortalité des plants d'aubergines due au flétrissement bactérien (encore non disponibles) pourront apporter des éléments de réponse.

BIBLIOGRAPHIE

BASTIDA F., ZSOLNAY A., HERNÁNDEZ T., GARCÍA C., 2008. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective. GEODERMA 147, 159–171.

BOYER J.- 1982- les ferralitiques : facteurs de fertilité et utilisation des sols. Initiation – documentations techniques n° 52, ed. ORSTOM Paris. 384p.

GIEC, groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2014. Climate change: Impacts, adaptation and vulnerability.

GISSOL-2005- groupement d'intérêt scientifique GIS sol pour une gestion patrimoniale et durable des sols. Ministère de l'agriculture et de la pêche. 85p.

GUYAFIX, mise en place d'une production de plantes fixatrices d'azote endémiques de Guyane pour la restauration des sites dégradés. 2015. Guyane, rapport final. 99p

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human will-being. Global assessment reports.

RITZ K., BLACK H.I.J., CAMPBELL C.D., HARRIS J.A., WOOD C., 2009.Selecting biological indicators for monitoring soils: a framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development. ECOL. INDIC. 9, 1212–1221.

SCHIMANN H. 2005. Impact des perturbations liées à l'activité minière aurifère en Guyane sur l'évolution des communautés et fonctionnalités microbiennes d'un sol. Thèse Doctorat en Sciences forestières. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF). 98p

SCHIMANN H., PETITJEAN C., GUITET S., REIS T., DOMENACH A.M., ROGGY J.C. 2012. Microbial bioindicators of soil functioning after disturbance: The case of gold mining in tropical rainforests of French Guiana. Ecological Indicators 20: 34–41.

SCHLOTER M., DILLY O., MUNCH J., 2003. Indicators for evaluating soil quality. AGRIC.ECOSYST. ENVIRON. 98, 255–262.