HAL open science

Amélioration participative de la fertilité des sols guyanais. Vers une agriculture durable à haut débit organique.

Elodie Brunstein, Anne-Marie Domenach, Hubert de Bon, Jorge Sierra

To cite this version:

Elodie Brunstein, Anne-Marie Domenach, Hubert de Bon, Jorge Sierra. Amélioration participative de la fertilité des sols guyanais. Vers une agriculture durable à haut débit organique. : Rapport final Axe 3 : GUYAFER "Gestion de la fertilité". [Contrat] 2015. hal-02794151

HAL Id: hal-02794151

https://hal.inrae.fr/hal-02794151

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

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

Brunstein E., Domenach A.M., De Bon H. et Sierra J.

Rapport de fin de projet

RITA, axe 3 GUYAFER

juin 2015

Démarrage du projet : juin 2013

Fin du projet : juin 2015

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

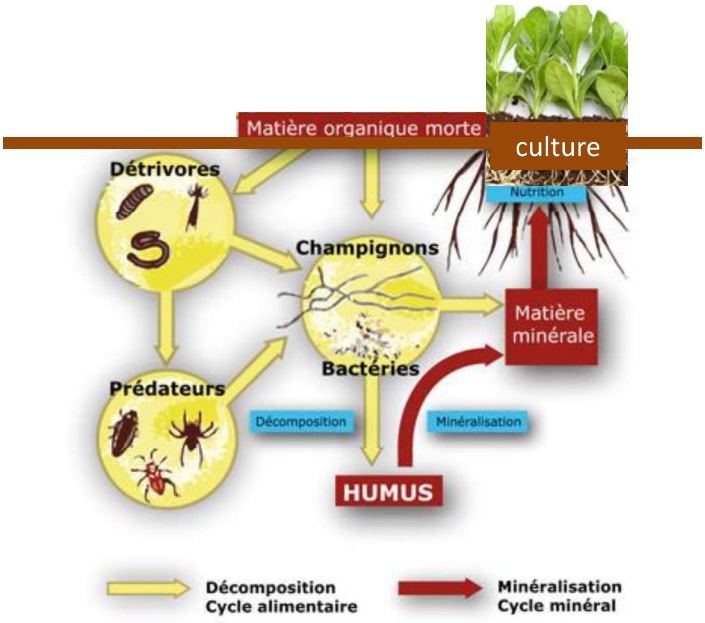
Etude de traitements autre que organiques sur la fertilité des sols 252

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

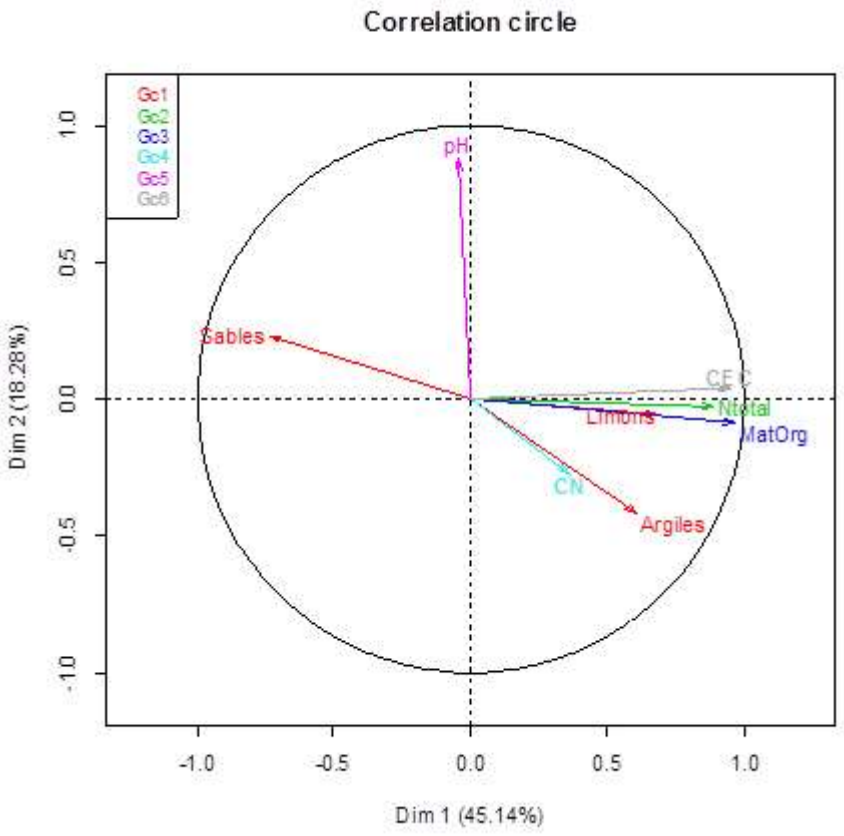


Figure 1 : cercle de corrélation des variables quantitatives (physico-chimiques)

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).

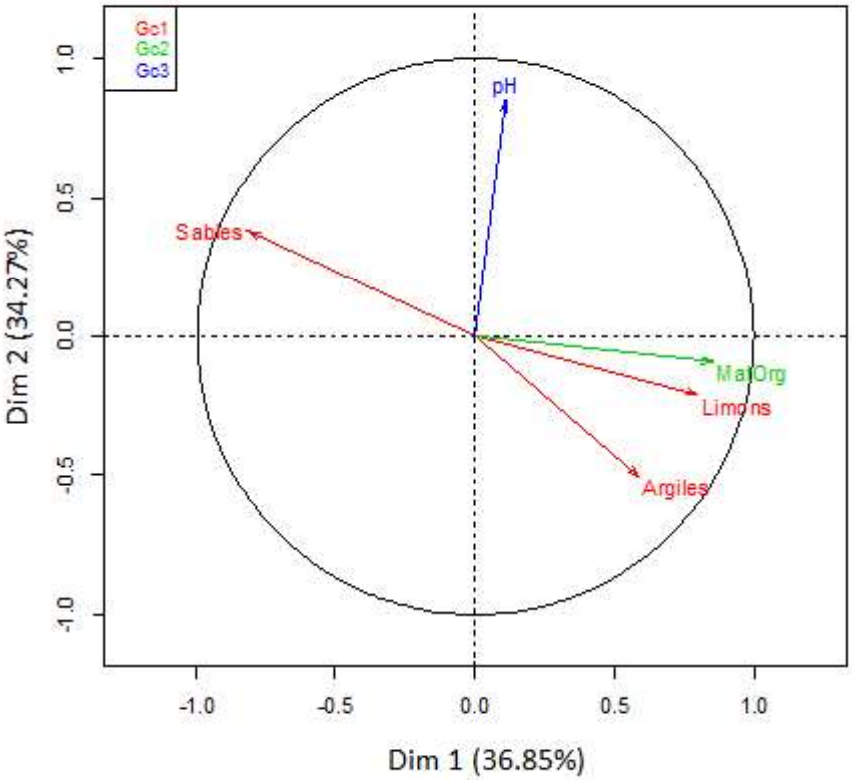


Figure 2 : cercle de corrélation des variables quantitatives retenues

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

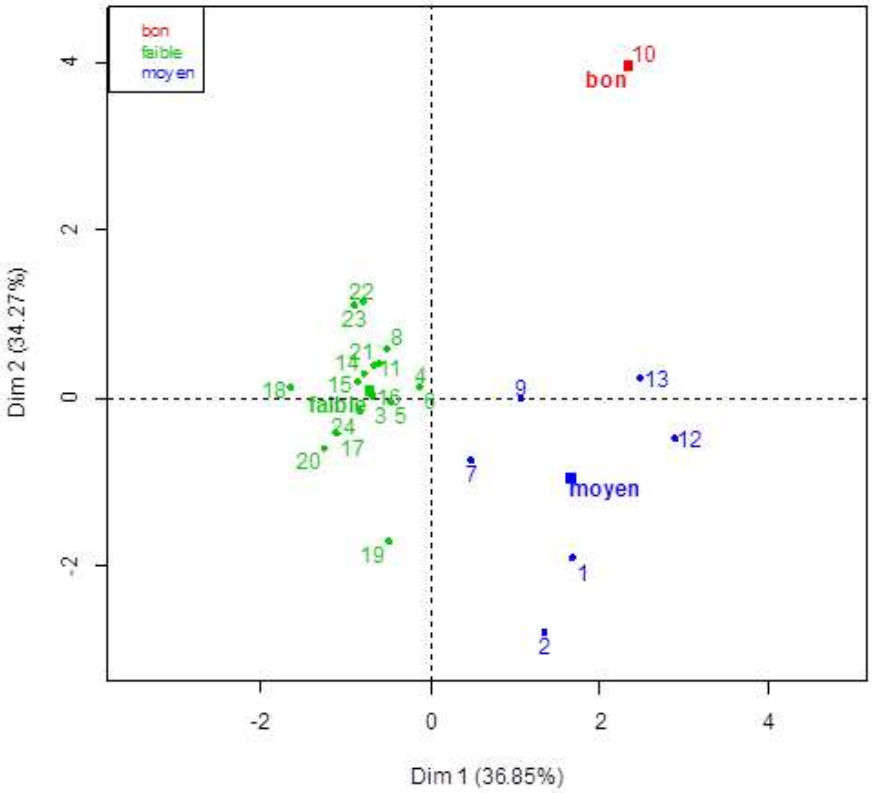


Figure 3 : représentation des essais selon le niveau de fertilité biologique des sols sur les deux dimensions choisies

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.

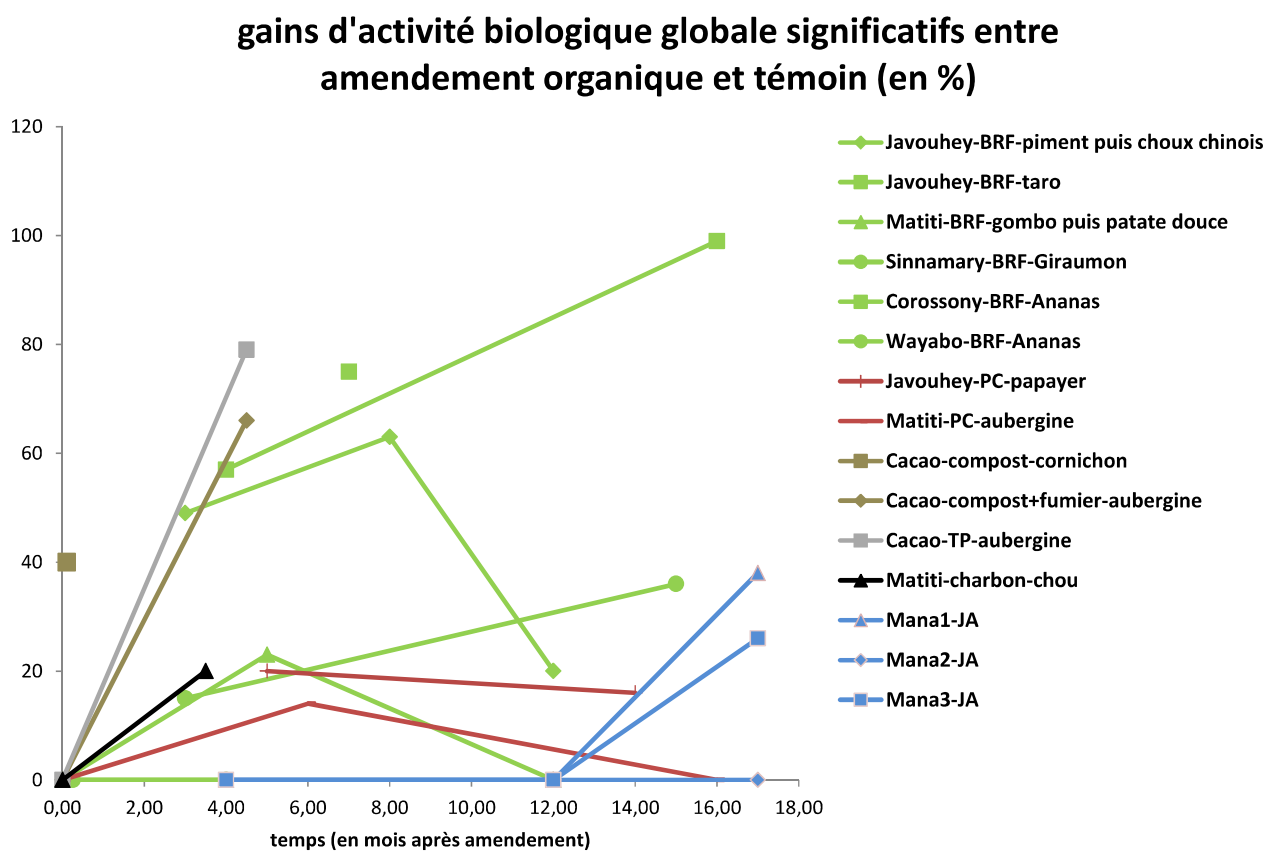


Figure 4 : Evolution de l'activité biologique globale du sol (respiration, en % de gain par rapport à un témoin) en fonction de l'amendement organique : BRF (en vert), plantes de services (rouge), compost (marron), terra preta (gris), charbon (noir) et jachère active par arbres fixateurs (en bleu).

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.

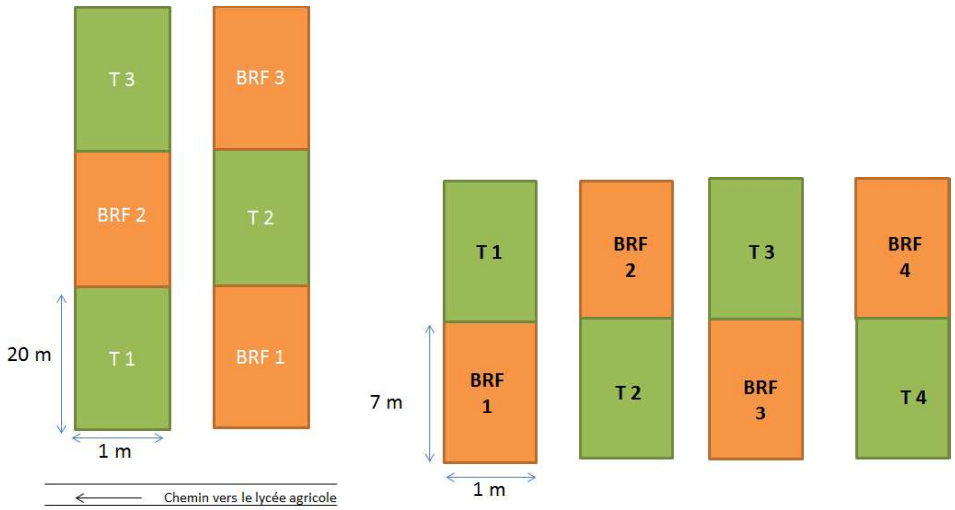


Figure 1 : deux exemples de dispositifs expérimentaux avec la répartition des blocs sur les billons

- **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.

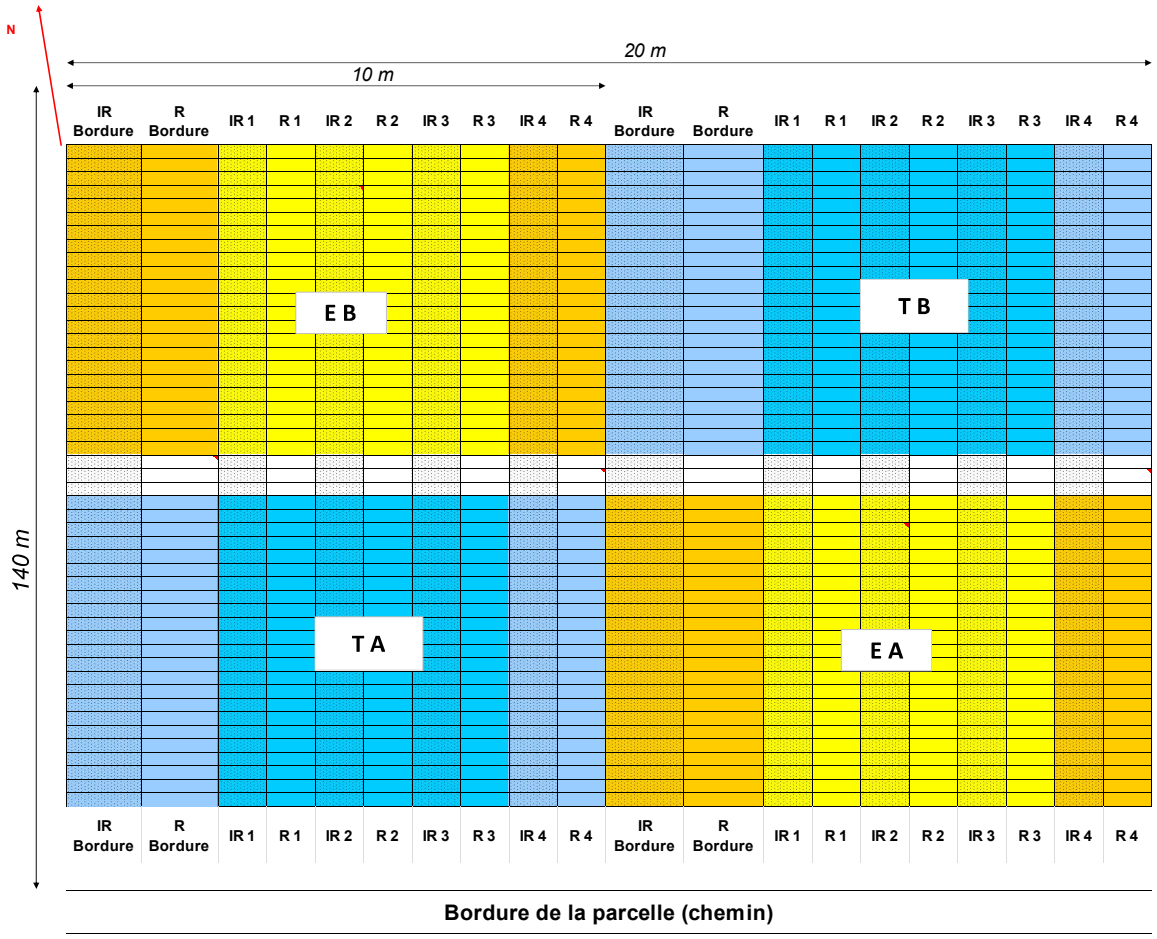


Figure 2 : exemple de dispositif en arboriculture. Ici, E : zone avec plante de couverture, T : témoin, R : rang, IR : inter-rang.

- **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

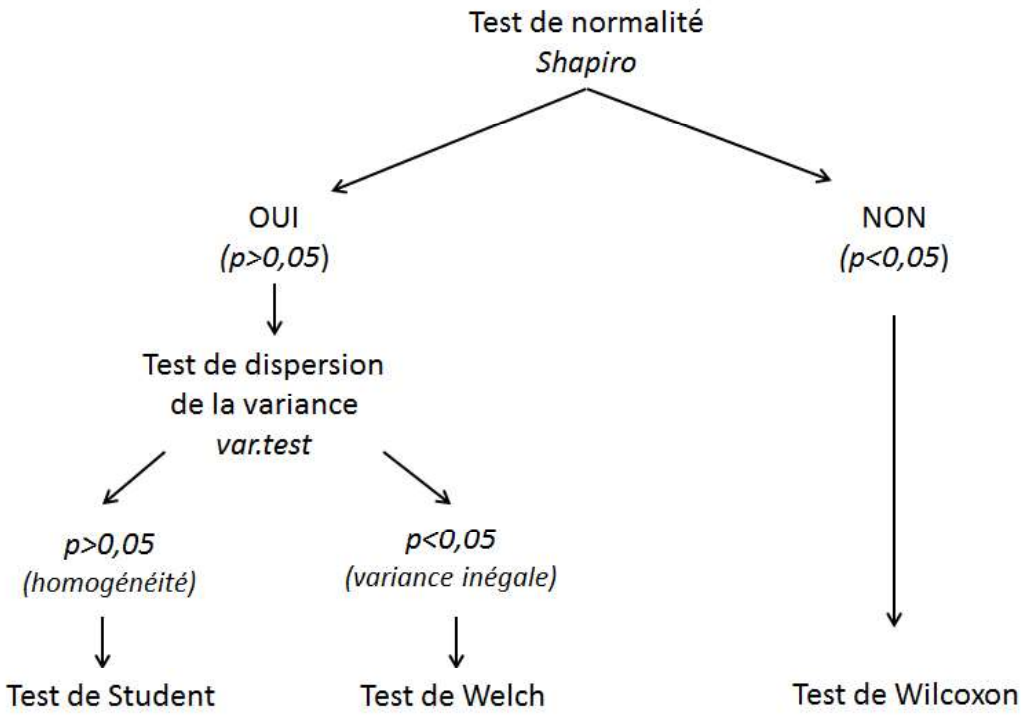
Tests de comparaisons

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.

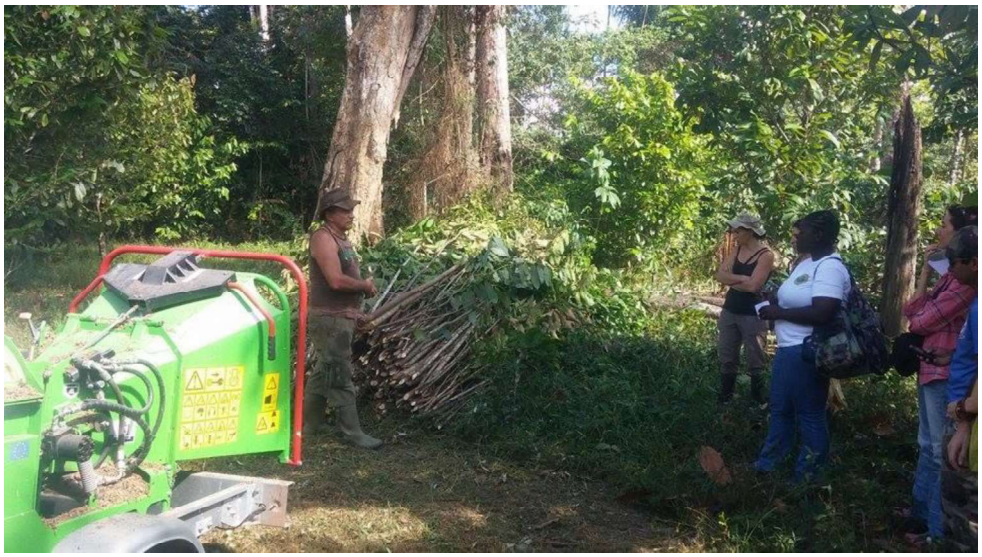
VULGARISATION ET TRANSFERT DES CONNAISSANCES

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/).