Analyse des systèmes de culture associant bananier et espèces forestières dans le cadre des bananeraies SOBANOR
Basse Pointe - Martinique

Rapport de consultance

Jean-Marc Bouvet

Cirad

Janvier 2019

Table des matières

1 – Objectif de la consultance 2

2 – Déroulement de la mission.....2

3 – Principes pour un système associant bananier et arbres forestiers.....2

4 – Espèces d'arbres introduites et testées 4

5 - Problèmes phytosanitaires des eucalyptus 7

6 - Conduite de l'eucalyptus (et autres espèces) en pépinière 9

7 – Éléments sylvicoles pour la conduite de plantation d'eucalyptus 12

8 - Conditions édaphiques et fertilisations pour les espèces forestières 12

9 – Systèmes racinaires des bananiers et arbres associés.....15

10 – Technique d'élagage 18

11 – Expérimentations pour de nouveaux systèmes d'association 19

12 – Introduction d'espèces forestières locales.....22

13 - Documentation sur le bouturage herbacé de l'eucalyptus.....23

14 - Ligneux de sous étage, ombrophile et facile à multiplier.....23

15 - Introduction de diverses espèces forestières et provenances 24

16 – Interaction avec le système de RD local et régional 28

Annexes 29

Annexe 1 : programme de la visite de Jean-Marc Bouvet du 8 au 11/01..... 30

Annexe 2 : descriptif des plantations associant arbres et bananier au 04/01/2019 – SOBANOR 31

Annexe 3 : liste des espèces testées en agroforesterie au 03/01/2019- SOBABOR 32

Annexe 4 : liste des espèces d'arbres présentant un potentiel en association avec la plantation de bananier 33

Annexe 5 : liste des lots de graines proposés par le Cirad à SOBANOR 34

1 – Objectif de la consultance

L'objectif principal était d'appuyer le groupe SOBANOR dans sa démarche de système de plantation du bananier diversifié, i.e associant le bananier et les espèces forestières ou des espèces ligneuses cultivées. Il s'agissait d'axer l'analyse sur les questions de gestion de l'arbre en plantation et d'apporter des éléments d'expertise dans les domaines suivants :
- la sylviculture en système agroforestier (technique de pépinière et de propagation, de plantation, d'élagage, de fertilisation),
- les aspects phytosanitaires notamment touchant les espèces d'eucalyptus,
- la diversification des espèces forestières adaptées au système cultural proposé,
- et les sources de graines possibles des principales espèces forestières et de leurs provenances les plus adaptées.

2 – Déroulement de la mission

L'expertise s'est réalisée par une mission en Martinique du 7 au 12/01/2019 (deux jours de voyage inclus) suivie d'un travail de bureau avec des échanges de co-construction du rapport. Les visites de terrain ont été organisées principalement avec M Bertrand Aubéry, Patrick Aubéry et Romain Leleu.
Au cours des visites de terrain, ont été associés les directeurs des différentes exploitations à savoir :
Joël Gourapa
Samuel Sériné
Yoan Lostau
Patrick Lavery
Sébastian Reynolds
Lionel Gudiel
Le planning de la mission est donné en annexe 1

Certaines questions ont été traitées et analysées avec la compétence d'autres collègues du Cirad :

- Jean-Pierre Bouillet spécialiste des sols et de la fertilisation des plantations forestières en zone tropicale ;
- Françoise Potier gestionnaire des ressources génétiques au Cirad pour la gestion de stocks de graines, les contacts avec les fournisseurs et les envois des lots.

3 – Principes pour un système associant bananier et arbres forestiers

Le Groupe SOBANOR est composé de plusieurs exploitations : Capote, Jardin Clément, Chalvet, Moulin l'Etang, Eyma, Gradis, Verger représentant au total 700 ha de terrain à vocation bananeraie.

L' Introduction de l'agroforesterie dans le système de production de banane a pour principaux objectifs :
- d'améliorer les sols sur un plan physico-chimique : la présence des racines d'arbres améliore la structure physique du sol en pénétrant et cassant les horizons indurés (ce qui est le cas des

sols de Martinique avec l'horizon de pierre ponce) et augmentant le volume de prospection des racines de bananier. De plus, les horizons plus profonds prospectés par les racines d'arbres sont complémentaires de ceux prospectés par le bananier et peuvent permettre l'accès à d'autres ressources minérales, enfin la décomposition de la litière issue du houppier des arbres alimente en composées minéraux les différents horizons du sol,
- d'améliorer l'état sanitaire de la bananeraie (notamment en luttant contre la cercosporiose noire ou maladie des raies noires du bananier qui est provoquée par le champignon *Mycosphaerella fijiensis*). La diversité des plantes ligneuses sous et au-dessus de l'étage bananier crée un environnement limitant la profusion du champignon : par la barrière physique des feuilles limitant la dissémination des spores mais aussi chimique, certains ligneux créant des conditions défavorables à l'installation du mycélium (cas des feuilles d'eucalyptus contenant une forte concentration de polyphénols),
- de réduire l'apport d'intrants par la distribution de la biomasse aérienne : l'idée est donc de tailler les arbres (élagage et étêtage) pour recueillir la biomasse aérienne (partie sommitale de tronc, branche et feuilles) et de redistribuer cette matière végétale au sein de la bananeraie pour créer une litière. Cette dernière en se décomposant sous forme de matière organique redistribuera les éléments minéraux,
- de réduire la concurrence herbacée ; la biomasse végétale peut aussi créer un paillis évitant aux graminées de repousser dans le petit dos de la plantation.

L'introduction d'espèces ligneuses appartenant aux différents étages d'un milieu forestier (arbres de sous-bois et arbres dominants) a pour inspiration le modèle développé par Ernst Göstch au Brésil (voir Götsch 1994, http://lifeinsyntropy.org/en/).
Ce modèle tente de recréer la complexité d'un système naturel en associant des espèces cultivées à différentes espèces d'arbres selon le cycle de régénération des écosystèmes naturels forestiers (espèces pionnières, suivies par des espèces secondaires, suivies par des espèces de forêt primaire).

L'objectif pour la bananeraie diversifiée n'est pas d'adopter le système « Götsch » à la lettre mais d'en tirer certains principes pour introduire des espèces ligneuses de différentes strates et pour gérer ces espèces en fonction des cycles de production de bananes.
Plusieurs associations sont encours de test : voir quelques exemples dans les photos ci-après.

Les principales qualités recherchées pour les espèces ligneuses par SOBANOR sont :

1. Rapidité de croissance
2. Dominance apicale (l'arbre investit peu dans les branches latérales)
3. Ne nécessitant pas de tuteurage
4. Très résistant à la taille (plusieurs tailles par an)
5. Qui repart du point de taille
6. Facilité de la taille (houppier peu encombrant)
7. Bonne production de matière organique
8. Résistant aux maladies
9. Facilité de production des plants
10. Résistance au vent
11. Résistance à la qualité et quantité de l'engrais introduit dans le système banane
12. Résistance au traitement contre la cercosporiose noire

Ajoutons que le système racinaire de l'arbre ne doit pas rentrer en compétition avec celui du bananier. Par exemple, l'accès à la ressource hydrique (sachant que certaines zones sont irriguées par système d'irrigation, pour pallier le manque d'eau en certaines période notamment de janvier à mai) doit se faire par l'exploration des racines dans des horizons plus profonds que ceux explorés par le bananier (maximum 2m).

Depuis 2016 SOBANOR a initié un programme associant bananier et arbre, mettant en place plusieurs parcelles ayant pour objectif d'étudier le comportement des espèces forestières associées au bananier (et aussi les techniques de pépinière), l'évolution de cette association suivant différents modes de conduite (variables liées à la fertilisation, l'élagage, le traitement phytosanitaire, les conditions environnementale notamment du sol, production banane,…).
Les plantations expérimentales réalisées à ce jour ou prévues en 2019 totalisant 20.37 ha sont données en annexe 2.

4 – Espèces d'arbres introduites et testées

Le nombre d'espèces d'arbres testées à la date de janvier 2019 est de 26. Le choix des espèces fait suite aux discussions de SOBANOR avec diverses personnes ressources. La liste de toutes les espèces est donnée en annexe 3.

Les premières introductions et expérimentations ont permis de faire une première sélection sur les critères listés ci-dessus (voir aussi annexe 4).

Parmi celles sélectionnées on note comme performance en terme de nombre de points positifs (+) et négatifs (-) et non encore évalués (?):
- *Eucalyptus pellita* (28 « + » et 2 « - »)
- *Gmelina arborea* (24 « + » et 3 « - »)
- *Glyricidia sepium* (25 « + »)
- *Leucaena leucocephala* (24 « + » et 1 « ? »)
- *Swietenia macrophylla* (14 « + » et 5 « ? »)

Tous les critères ne sont pas à considérer sur un même plan, par exemple :

- L'élagage

La réponse à l'élagage, de même que la quantité de matière végétale issue de l'élagage, constituent un choix important pour l'espèce. Par exemple *Gmelina arborea* présente de bonnes perspectives en terme de croissance et d'adaptation. Cependant, sa production excessive de biomasse (voir en photo 5) peut conduire à des difficultés de broyage des résidus d'élagage et à un engorgement du petit dos, rendant le passage difficile pour la récolte de la banane, le choix des rejets et autres interventions.
Leucaena leucocephala semble présenter les mêmes problèmes avec un développement excessif de biomasse.
En comparaison, l'*Eucalyptus pellita* produit moins de biomasse aérienne, est plus facilement broyable et ne crée pas ce type de problème. Ceci dit, la litière d'eucalyptus peut se décomposer moins rapidement, ralentissant la minéralisation. Elle peut présenter des effets

d'allélopathie, effets inhibant la germination et ralentissant la croissance des plantes dans un environnement proche de l'arbre, dus aux composés phénoliques présents dans les feuilles. Cet effet se manifeste plus fortement dans des climats secs, ce qui n'est pas le cas de la Martinique. Cet effet allélopathique peut même s'avérer favorable ralentissant la repousse des graminées autour des bananiers. Des observations dans ce sens pourraient être entreprises dans les essais en cours et futurs en comparaison aux autres espèces d'arbres.

- La propension à faire des branches latérales

Certaines espèces comme le *Gmelina arborea* ont tendance à développer leur biomasse aérienne latéralement et de façon abondante. Ce phénomène crée un ombrage qui peut-être gênant pour le bananier. L'eucalyptus au contraire, par un forte orthotropie et des feuilles souvent positionnées verticalement, concurrence peu le bananier pour la lumière.

- Zone de prospection du système racinaire

Voir ci-dessous

Photo 1 à 4: exemples d'association bananier espèces d'arbre parmi les plus prometteuses parcelles de fanny plantation arbre 1 et 3/2017 :photo 1 *Eucalyptus pellita* ; photo 2 *leucaena lecocephala* ; photo 3 *Gliricidia sepium* ; et photo 4 *Gmelina arborea*. (Photos jean-Marc Bouvet)

Photo 5 : plantation de *Gmelina arborea* dans le petit dos entre les deux lignes de bananier après élagage et distribution de la biomasse du houppier. Second élagage intervenu 3 mois après le premier. Plantation de Fanny en 01-03/2017 (photo Jean-Marc Bouvet)

5 - Problèmes phytosanitaires des eucalyptus

Ce point a fait l'objet d'un questionnement important de SOBANOR suite aux premières introductions d'eucalyptus et aux observation de mortalité.
Les problèmes sanitaires se caractérisent extérieurement par un flétrissement progressif de l'arbre ; on observe chez certains des nécroses dans le système vasculaire au niveau du collet qui finissent par atteindre l'ensemble de l'arbre (photos 6 à 9).
Ces symptômes font penser à des attaques de pourridié (comme le *phytophtora* qui est souvent observé chez les eucalyptus en milieu humide) d'autant que le milieu de plantation est très humide ; la pluviométrie annuelle, avec une répartition des pluies sans saison sèche, l'irrigation, le système de mulch par andainage renforcent l'humidité au pied des jeunes arbres.
D'après les observations et discussions, il ne semble pas possible de déterminer quels facteurs déclenchent plus spécifiquement l'apparition de ces symptômes et ces facteurs sont multiples :
- historique cultural de la parcelle et des parcelles environnantes,
- conditions pédologiques de la parcelle,
- facteurs génétiques de résistance liés à l'arbre,
- blessures lors de la plantation,
- blessures après la plantation provoquées par le vent notamment si le système racinaire est déséquilibré, enroulé et propice, dans le jeune âge à provoquer de telles blessures.

Photos 6 à 9: photo 6, système racinaire d'un eucalyptus montrant des signes de dépérissement ; photo 7, symptômes d'un arbre mort montrant les nécroses du système vasculaire; Photo 8, jeune eucalyptus complètement flétris, photo 9, nécrose au niveau du collet (Photos Romain Leleu 8 et 9 ; et Jean-Marc Bouvet 6 et 7)

Pour l'identifications précise des maladies touchant l'eucalyptus nous avons donné le contact de Michael Wingfield en Afrique du Sud (https://www.fabinet.up.ac.za/index.php/about-fabi), spécialiste mondial des maladies affectant l'eucalyptus.
Des photos ont été envoyées par Romain Leleu et la réponse Mchael Wingfield a été que les symptômes ressemblaient à ceux de la pourriture des racines. Il a préconisé de faire de nouvelles photos plus détaillées et de les lui envoyer et si son diagnostic de pourriture se précise d'effectuer un diagnostic final en Martinique pour éviter les problèmes de quarantaine avec l'Afrique du Sud.

Nous pensons que le système racinaire mal conformé du jeune plant pourrait être aussi un facteur déterminant, exacerbé si le trou de plantation n'est pas assez travaillé (enroulement des racines, trou en fente provoquant un développement dans un seul plan facilitant les blessures lors de coup de vent). Pour vérifier ce point, il faut observer l'évolution des dessèchements sur les plantations issues de plants repiqués en évitant les crosses et les enroulements et un travail du sol favorisant le développement des racines autour du plant (détailler ci-après).

6 - Conduite de l'eucalyptus (et autres espèces) en pépinière

La production des plants forestiers se fait dans une pépinière bien adaptée et parfaitement tenue permettant une bonne maitrise phytosanitaire et d'arrosage (voir photo 10)

L'observation de terrain et de jeune plants d'eucalyptus en pépinière a montré que certains plants présentaient un système racinaire peu équilibré avec des enroulement de racines (voir photo 11) qui pourraient provenir des techniques de pépinière (repiquage, durée du maintien du plant en pépinière, type de conteneur).

Photo 10 : pépinière de production de plants d'espèces forestières et agroforestières diverses à SOBANOR Basse-Pointe (Photo Jean-Marc Bouvet)

Les techniques de pépinière de l'eucalyptus pourraient évoluer en cherchant à :
- améliorer le mode de repiquage pour éviter les crosses et enroulement de racines qui s'accentuent dans le conteneur. Le repiquage de l'eucalyptus s'effectue lorsque le stade de deux à trois feuilles bien développées est atteint. Le repiquage doit se faire sans arracher la racine lors de la sortie de la planche de semis et en prenant la précaution de faire un trou large pour positionner la racine de façon verticale sans faire de crosse notamment au niveau du collet,
- améliorer le bon équilibre entre biomasse aérienne et racinaire du plant pour réduire l'effet de stress à la plantation (biomasse aérienne trop développée par rapport à la biomasse racinaire),
- éviter les enroulements de racines en limitant le temps de pépinière (deux mois et demi après le repiquage semble idéal),
- utiliser un conteneur plus adapté peut éviter les déformations du système racinaire (voir ci-après),
- faire un tri en pépinière et ne garder que les plants ayant montré une rapidité à la levée et une rapidité de croissance après la phase de repiquage. Il ne faut pas hésiter à écarter 20 à 30% des plants (les jeunes plants qui se lignifient très rapidement et montrent des tiges tortueuses sont à écarter)
- éviter la taille des plants en pépinière qui ne doit se faire qu'en dernière limite quand la partie aérienne du plant est au-dessus de 80 cm. Tailler en deçà de cette hauteur n'est peut être pas nécessaire pour éviter les blessures d'autant que la plantation peut se faire en période pluvieuse et permettre une bonne reprise des plants.

Photo 11 : déformation au niveau du collet de la racine de jeune plant d'Eucalyptus issu d'une jeune plantation suite au repiquage et à un travail du sol au niveau du trou de plantation insuffisant (Photo Jean-Marc Bouvet)

Les échanges suite à la visite de terrain montrent que le système racinaire des jeunes semis d'eucalyptus (*E. pellita*) est très amplement développé alors que le stade de deux feuilles après le cotylédon est à peine entamé. (voir photo 12)
Il a été décidé de tester la réduction du système racinaire d'un tiers ou de la moitié pour voir si cela entrainait une amélioration du développement. Une autre option serait de repiquer

dans un large trou fait dans le conteneur en évitant la crosse au collet (même si on a un chignon au fond du conteneur), car c'est plutôt au niveau du collet que les choses se compliquent sur le terrain.

Photo 12 : jeune semis d'eucalyptus avant repiquage montrant le système racinaire très développé (10à 12 cm) par rapport à la partie aérienne de 3 à 4 cm (photo Romain Leleu)

Dans de nombreux cas, les racines en conteneur présentent un faible développement de la racine pivotante avec des racines latérales torsadées qui s'anastomosent. Ceci peut entraîner un étranglement et la disparition de la racine pivotante et en conséquence après plantation une résistance au vent réduite.
Les problèmes d'enroulement des racines sont particulièrement importants pour les espèces à croissance rapide dans de petits pots. De nos jours, la conception des conteneurs peut, dans une certaine mesure, contrôler l'enroulement des racines. Par exemple, les conteneurs qui ont des nervures latérales et un ou des trous de drainage à la base permettent de réduire l'enroulement des racines et encouragent la taille à l'air des racines.
Il existe de nombreux type de conteneurs et supports associés pour la conduite des plants forestiers en pépinière ; voir par exemple le site :
https://www.proptek.com/trays/shrub-trays
La contenance du conteneur est aussi à étudier en fonction de l'échelle de plantation et de la surface disponible en pépinière. On peut aller vers des containers plus volumineux quand le nombre de plants est faible, quelques milliers.

Photo 13 et 14 : exemple de support et de conteneurs fourni par le site ci-dessus qui peuvent se décliner en plusieurs dimensions. Ce dernier montre des arêtes permettant d'éviter l'enroulement de même que les parties ajourées par faciliter le cernage aérien (https://www.proptek.com/product/008sled/)

7 – Éléments sylvicoles pour la conduite de plantation d'eucalyptus

Les plantations d'eucalyptus réalisées avant la plantation de banane montrent en général une bonne croissance initiale. La technique de mulch à base de Mombasa ou herbe de Guinée (*Panicum maximum*) sur la ligne de plantation ne semble pas provoquer une apparition de pourriture exacerbée des racines des eucalyptus (la crainte étant de favoriser l'humidité au collet par l'accumulation de mulch). Elle favorise l'absence de compétition avec la graminée.

Il a été observé plusieurs types de plantations récentes (3 à 5 mois) :
- une plantation bien venante avec un système de mulch Mombasa très bien installé, (photo 17)
- une plantation sans mulch présentant des plants avec des feuilles tirant légèrement vers le jaune, avec une croissance ralentie et en souffrance avec une forte compétition de graminée (cypéracées) (photo 18)

Pour la plantation d'eucalyptus (et de façon générale pour les espèces forestières) il est important :
- de dégager la zone à planter sur un rayon de 0.5 m autour du plant minimum pour éviter toute compétition avec les graminées (mais celle-ci est inexistante avec le système de mulch autour du plant (voir photo 17)) et pour pouvoir répandre l'engrais en couronne (la répartition en couronne favorise le développement du système racinaire dans les différentes directions),
- de préparer le trou de plantation, même s'il est de taille réduite en remuant la terre sur un volume dépassant largement celui du conteneur. Ce travail au niveau du trou peut se faire dans les autres directions perpendiculaires si un sous-solage a d'abord été réalisé. Ce qui permettra de travailler en surface et aussi d'effriter la couche de pierre ponce. La préparation peut aussi de faire dans la zone de plantation par un trou à la bèche sur un volume minimum de 20cm*20*cm*20cm. Ce travail du sol en surface doit faciliter le démarrage du plant mais aussi le développement du système racinaire de façon équilibrée dans toutes les directions autour du plant (pour éviter l'instabilité face au vent et les éventuels problèmes sanitaires).

8 - Conditions édaphiques et fertilisations pour les espèces forestières

Les sols des plantations de bananier que nous avons visitées sont classés comme « Andosols sur pierre ponce ». Selon la base de référence mondiale pour les ressources en sols, ils sont décrits comme un sol humique peu évolué de montagne comportant : un horizon supérieur riche en matière organique ; une roche-mère d'origine volcanique.

Il a été procédé à des creusements de fosses permettant de juger de l'évolution du système racinaire sur une plantation âgée de deux ans et pour différentes espèces d'arbres associées au bananier.

Les fosses ont aussi permis d'analyser les profils de sols (photo 15 et 16). Généralement le sol est constitué d'une couche de terre arable de 40 à 50 cm de profondeur, suivie par une couche de pierre ponce plus ou moins indurée de 40 à 50 cm, de couleur brune orangée dans les premiers 20 cm, suivie d'une zone plus claire de même épaisseur. Enfin on observe un horizon argilo sableux avec des morceaux de pierre ponce plus ou moins en décomposition appelé localement le nougat. La couche de l'horizon A1 peut varier et dans des zones apparaître plus épaisse (photo 16).

Photos 15 et 16 : profils de sol rencontrés dans les plantations de banane. Photo 15 parcelle de Fany ; photo 16, parcelle de bagasse nord (Photos Jean-Marc Bouvet)

Les analyses de sols qui ont été fournies par SOBANOR montrent des sols très riches par rapport aux sols habituellement destinés aux plantations forestières (comme par exemple ceux du Brésil et de la République du Congo). Le tableau 1 ci-dessous souligne les différences pour quelques variables entre deux parcelles de Martinique et des sols de station forestière au Brésil et au Congo qui connaissent des plantations d'eucalyptus.
Le tableau montre notamment la différence très importante pour l'ensemble des variables (facteur multiplicateur pouvant atteindre vingt en faveur de la Martinique), sauf le Ph qui présente des valeurs similaires.

Tableau 1 : comparaison des sols de plantation de banane en Martinique région de basse Ponte avec les sols de zone de plantation de l'eucalyptus en République du Congo et au Brésil

Paramètres	Martinique Bourguignon 2014 et 2016	Martinique Capote Niveau haut 1 Moyenne 2013-2018	Congo Station de Kondi (2)	Brésil Station d'Itatinga (2)
Matière organique (%)	4,6	5,10	0,33-0,47	0,7
Total N (%)	0,25	0,29	0,013	0,024
pH eau	5,6	5,07	4,9-5,5	5,8
Bases échangeables (méqu/100g)	6,68	5,10	0,10-0,13	0,02
CEC (Cobalt Mtson)	9,45	11,60	0,29-0,35	0,58
P Total mg/kg	180	124	7,24	1,0

(1) : données issues des analyses de sol des différentes parcelles fournies par SOBANOR
(2) données tirées de l'article :

Jean-Pierre Bouillet, Jean-Paul Laclau, José Leonardo de Moraes Gonçalves , Maureen Voigtlaender , José Luis Gava, Fernando Palha Leite , Rodrigo Hakamada , Louis Mareschal , André Mabialag, Florence Tardy, Joseph Levillain, Philippe Deleporte, Daniel Epron, Yann Nouvellon (2013) Eucalyptus and Acacia tree growth over entire rotation in single- and mixed-species plantations across five sites in Brazil and Congo. Forest Ecology and Management 301 (2013) 89–101

La fumure apportée à la plantation de banane est aussi sans commune mesure avec celle des eucalyptus en plantation (tableau 2).

Tableau 2 : comparaison des régies de fertilisation entre des plantations d'eucalyptus et des plantations de banane

Densité de plantation	Eucalyptus Congo Station de Kondi (2)	Eucalyptus Brésil Station d'Itatinga (2)	Banane Martinique (1)
Première rotation	530 - 700 tiges/ha N : 10 kg/ha P2O5 : 5 kg/ha K 2O: 14 kg/ha	1667 tiges/ha N : 120 kg/ha P2O5 :33 kg/ha K2O : 100 kg/ha Micro-nutriments	750 plants/ha N : 549 kg/ha P2O5 : 149 kg/ha K2O : 838 kg/ha MGO : 205 kg/ha CAO : 130 kg/ha
Deuxième rotation	800 tiges/ha N : 38 kg/ha P2O5 : 0 kg/ha K2O: 0 kg/ha	1667 tiges/ha N: 120 kg/ha KCl : 100 kg/ha	1650 plants/ha N : 361 kg/ha P2O5 : 107 kg/ha K2O : 627 kg/ha MGO : 179 kg/ha CAO : 309 kg/ha

(1) : données fournies par SOBANOR
(2) : données tirées de l'article
Jean-Paul Laclau, Jacques Ranger, Jose´ Leonardo de Moraes Gonçalves, Valérie Maquère , Alex V. Krusche, Armel Thongo M'Bou , Yann Nouvellon, Laurent Saint-Andre´, Jean-Pierre Bouillet , Marisa de Cassia Piccolo, Philippe Deleporte (2010) Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. Forest Ecology and Management 259 (2010) 1771–1785

En ce qui concerne la fertilisation des plants d'espèces forestières dans les plantations de bananes visitées voici quelques propositions :
- pour des plantations dans des zones de bonne fertilité, il ne semble pas nécessaire de mettre de l'engrais complet mais pour garantir un développement racinaire équilibré autour du plant, en complément des améliorations en pépinière, on peut épandre 50 à 100 g d'engrais complet,
- pour les zones connues pour des problèmes édaphiques avec une compétition de graminées moins bien maitrisée, 150 à 200 g d'engrais complet sont proposés pour permettre un démarrage rapide du plant d'eucalyptus. Il est intéressant d'ajouter des micronutriments comme le bore et le manganèse.

L'ajout supplémentaire d'engrais aux arbres au cours de la rotation de banane ne semble pas utile compte tenu :
- de la qualité de sols,
- de l'apport important de fertilisant pour la culture de la banane (tableau 2),
- du recyclage des éléments minéraux attendu par la biomasse de l'eucalyptus dont les racines sont censées explorer des horizons plus profonds que ceux explorés par le bananier.

Il est par contre tout à fait primordial, comme nous l'avons dit, de soigner le développement du jeune plant (système racinaire et dynamique de croissance), de même qu'il est important de travailler le sol (sur 20cm*20 cm*20 cm) dans lequel se fait la plantation et de supprimer la compétition herbacée dans les premiers mois de la plantation. Si ces principes ne sont pas respectés le bénéfice de l'apport d'engrais risque d'être annihilé.

Les préconisations ci-dessus concernent surtout l'eucalyptus qui est un très mauvais compétiteur dans les premières phases de son développement et supporte très mal la concurrence herbacée.
Par principe de précaution, il est proposé d'adopter les mêmes principes pour les autres espèces forestières ciblées.

Photos 17 et 18 : jeunes plants d'eucalyptus dans deux conditions sylvicoles de plantation; photo 17 parcelle Verger 4 plantée en 9 et 10/2018 avec mulch à base de mombasa et photo 18, parcelle Grand Béranger pente plantée en 08/2018 avec une forte présence de cypéracées (photos Jean-Marc Bouvet)

9 – Systèmes racinaires des bananiers et arbres associés

Comme ceci a été mentionné ci-dessus, l'optimal recherché d'un point de vue système racinaire pour l'arbre est :
- un système racinaire qui n'exclut pas celui du bananier, l'interpénétration des deux systèmes a donc été notée comme un point positif,
- un système racinaire qui a la capacité de traverser la couche de pierre ponce pour permettre au système racinaire du bananier d'explorer des horizons plus profonds, sachant que celui-ci ne dépasse par les couche pierre ponce mais sa capacité est plus grande (jusqu'à deux mètres de profondeur dans les conditions favorables),

- un système racinaire permettant un bon ancrage de l'arbre pour éviter d'endommager les bananiers si des chablis surviennent lors de vents violents,
- un système racinaire permettant d'explorer les horizons plus profonds pour les éléments minéraux et l'eau afin de garantir un développement sans stress et un recyclage plus abondant des éléments minéraux lors de la phase de mulch avec la biomasse du houppier,
- un système racinaire contribuant à améliorer la structure du sol,
- un système racinaire contribuant à favoriser la biodiversité du sol (mycorhizes, vers de terres, etc…).

Le système racinaire de l'arbre a été observé pour différentes espèces et individus plantés en association avec des bananiers à la station de Fanny plantée de janvier à mars 2017. Sur des arbres âgés de deux ans les points suivants ont été notés :
- le *Gmelina arborea* présente un système de racines de surface puissant avec quelques racines plongeantes qui traversent la couche de pierre ponce (photo 19)
- le *Glericidia sepium* présente un système plus dense avec des racines de surface plus fines et des racines plongeantes qui traversent la couche de pierre ponce (Photo 20)
- *l'Eucalyptus pellita* présente un système similaire mais moins ramifié en surface avec des racines qui perforent la couche de pierre ponce (photos 21 et 22).

Ces photos montrent donc que le système racinaire de ces trois espèces est capable de traverser la couche de pierre ponce et donc d'aller chercher les ressources minérales et en eau à des horizons plus profonds que ceux du bananier. Le *Gmelina arborea* par ses racines traçantes fortement développées peut présenter des risques de compétition par rapport au développement des rejets de bananiers.

Ces premières analyses sont plutôt concluantes mais elles devront être complétées au fur et à mesure des rotations d'exploitation de bananes pour juger notamment des risques :
- de développement excessif de l'arbre et de ses racines, gênant le déplacement au sein de petit dos, le développement et la sélection des rejets,
- une compétition trop forte si les racines se limitent à une exploration de surface facilitée par les doses d'engrais importante lors de la culture du bananier.

Photos 19 à 22 : profils de sol et systèmes racinaires des espèces d'arbres associées au bananier ; parcelles de Fanny avec plantation des arbres en 1 et 3/2017 : photo 19, *Gmelina arborea* ; photo 20, *Gliricidia sepium* ; photo 21 et 22 *Eucalyptus pellita*, (Photos Jean-Marc Bouvet)

10 – Technique d'élagage

L'élagage est envisagé avec l'appui d'une mécanisation permettant de limiter les coûts de main d'œuvre, les risques d'accidents tout en augmentant la qualité technique.
Actuellement un système de nacelle portée par un bras-levier pivotant verticalement et horizontalement montée sur une plateforme motrice quatre roues (élagueuse motorisée) est fonctionnel. L'opérateur sur la nacelle élague avec une tronçonneuse en bout de perche et manœuvre la plateforme dans le grand dos (photos 23 et 24).
Ce système, même s'il peut paraître lourd, présente plusieurs avantages :

- La plate-forme de travail est suffisamment spacieuse et sécurisante pour pouvoir travailler avec des machines à chaîne-tournante ;
- la nacelle est entourée d'un garde-corps qui peut dispenser d'utiliser un harnais d'élagage ;
- la nacelle semble bien stabilisée avec un centre de gravité bas et le risque de basculement semble réduit.

Ce système d'élagage présente aussi certains inconvénients :
- Il faut un minimum de 3.2 m pour que cette plateforme puisse circuler,
- le risque de casser des feuilles de bananier est grand, ce qui est problématique pour la production du bananier,
- le risque d'endommager les plants de bananier ou d'arbres du au cheminement de la plateforme dans des inter dos trop étroits est aussi présent,
- la fatigue de l'opérateur si la perche s'avère peu maniable et trop lourde peut entraîner des accidents.

Photos 23 et 24 : mécanisation de l'élagage : plate-forme portant une nacelle avec un opérateur pratiquant l'élagage par une tronçonneuse élagueuse sur perche (Photos Jean-Marc Bouvet)

Il existe de nombreux fabricants de nacelle pour élagage. A titre d'illustration nous donnons cet exemple PLATEFORME ÉLÉVATRICE P12 ECO - 12 M. (photos 25 et 26) proposée par MECA plus dont les spécifications techniques sont données dans le site suivant :
https://www.mecaplus.es/fr/articulo/51/plateforme-lvatrice.html

Celle-ci présente la particularité d'être moins large (2m) et peut donc s'utiliser dans des conditions de plantations plus contraignantes en terme d'espacement. Elle possède des spécifications techniques qui correspondent aux exigences de l'élagage dans la bananeraie. Ceci étant, cette analyse est très sommaire et elle doit être examinée avec l'expérience de la pratique de l'élagage dans la bananeraie.

Photo : 25 et 26 : illustration de plateforme d'élagage **PLATEFORME ÉLÉVATRICE** P12 ECO - 12 M. proposée par MECA plus dont les spécifications techniques sont données dans le site suivant :
https://www.mecaplus.es/fr/articulo/51/plateforme-lvatrice.html

11 – Expérimentations pour de nouveaux systèmes d'association

Suite au bilan de ces premières analyses techniques (comportement des espèces, analyses techniques d'élagage, réponse des espèces à l'élagage, systèmes racinaires, etc…) il apparaît avantageux d'approfondir le comportement du système associant bananier et arbre en essayant de quantifier différents grands types de variables ;
- la résistance à la cercosporiose noire,
- l'évolution physico-chimique des sols,
- l'évolution de la biodiversité du sol (macrofaune, mycorhize,…),
- le bilan agronomique sur le moyen terme de l'impact de l'introduction de l'arbre en fonction de niveau de fumure,

- l'optimisation de la distribution spatiale de l'arbre en relation avec les plantations de bananier pour des questions de facilité d'élagage et de réduction des coûts et pour éviter au maximum les blessures sur le bananier,
- le bilan environnemental,
- le bilan économique de nouvelles pratiques.

Deux grands dispositifs sont donc en cours d'étude :

Dispositif 1 : on teste l'effet d'un système diversifié en relation avec l'apport de fumure et autres types d'intrants (traitement cercosporiose)
Sur les deux hectares de la plantation de Bourguignon, actuellement plantée en eucalyptus (photo 27) , il est envisagé par SOBANOR de disposer deux lignes de bananiers et de séparer la parcelle en deux fois un hectare avec les traitements suivants :
- Eucalyptus + fumure 1
- Eucalyptus + fumure 2
- Et une conduite conventionnelle dans une parcelle à proximité comme témoin.

La surface de chaque parcelle (unité expérimentale) serait de 1 ha.

Les modalités de fumure (1 et 2) ne sont pas encore totalement définies mais le principe serait de réduire la quantité conventionnelle d'engrais pour pouvoir juger des effets de l'association avec l'eucalyptus.

La proposition serait de rajouter un traitement en associant le cacao en étage intermédiaire, ce qui ferait quatre traitements (plus le témoin) :
Eucalyptus + fumure 1
Eucalyptus + fumure 2
Eucalyptus + fumure 1+ cacao
Eucalyptus + fumure 2 + cacao
La surface de chaque parcelle (unité expérimentale) serait de 0.5 ha
Il y aurait un témoin conventionnel sans arbre et avec fumure classique dans une parcelle à proximité.

Les plantes de sous étages sont abordées au point 14 mais nous les mentionnons ici car la présence du cacao semble réduire aussi les attaques de cercosporioses et contribuer aux effets bénéfiques d'un système diversifié.
Sa présence, augmentant la complexité du système cultural, permettra de juger aussi de son impact dans la gestion de la bananeraie sur les plans techniques, agronomiques et économiques.

Photo 27 : parcelle Bourguignon plantée en *Eucalyptus pellita* (plantation du 28/03/2018). Plantation sur mulch après andainage. Plantation de bananiers de part et d'autre de la ligne de plantation prévue dans le cadre d'un test association + type de fumure + présence de cacao (photo Jean-Marc Bouvet)

Dispositif 2 : on teste les modalités pratiques et économiques d'un système de diversité croissante avec des espèces ligneuses à comportement contrasté

Sur une nouvelle zone expérimentale à définir, on réalise la plantation d'une ligne d'arbres au milieu du grand dos à des écartements compatibles avec le passage de la plateforme d'élagage.

La proposition serait de diversifier le type d'espèces d'arbres pour voir comment se pratique l'élagage, la répartirtion de la biomasse en fonction de l'espèce et quelles en sont les conséquences sur un plan cultural, environnemental et économique. Il serait alors intéressant de choisir des espèces très différentes (eucalyptus et gmelina) permettant d'analyser la gamme des comportements à l'élagage, gestion de la biomasse etc...

On pourrait donc envisager comme traitement :

- bananier + eucalyptus grand dos
- bananier + gmelina grand dos
- Et une conduite conventionnelle dans un parcelle à proximité comme témoin.

Comme précédemment la proposition serait d'intégrer le cacao dans le petit dos. On pourrait avoir donc quatre traitements (plus le témoin):

- bananier + eucalyptus grand dos
- bananier + eucalyptus grand dos + cacao petit dos
- bananier + gmelina grand dos
- bananier + gmelina grand dos + cacao petit dos
- Et une conduite conventionnelle dans un parcelle à proximité comme témoin.

Pour ces nouvelles expérimentations, il serait souhaitable de développer une coopération avec les organismes de recherche et technique de la Martinique, notamment le Cirad et IT2 (voir point 16).

A noter que ces expérimentations ne sont pas proposées selon une démarche expérimentale académique avec notamment présence de répétitions (blocs) pour déconnecter l'effet traitement d'effets non contrôlés. Nous privilégions ici la grande taille des unités

expérimentales, point qui nous paraît primordial pour apprécier l'évolution de variables phytosanitaires, de production de biomasse, d'évolution du milieu édaphique,… dans le cadre des associations arbres bananiers.
Elle nous paraissent aussi essentielles si des variables liées à la gestion pratique de la bananeraie doivent être évaluées et quantifiées : élagage, récolte, tuteurage et haubanage, gestion de l'enherbement, élimination des fleurs mâles, effleurage, ensachage, récolte, …..et un bilan économique estimé.

12 – Introduction d'espèces forestières locales

La recherche d'espèces forestières locales est déjà bien avancée (travaux de l'ONF) et cette voie doit être poursuivie. En effet les espèces locales, sous réserve qu'elles soient bien adaptées dans les conditions de la bananeraie (espèces héliophiles, aptes à être élaguées, ne présentant pas de difficultés de reproduction, ne présentant pas de danger particulier par rapport aux intervenants (émission de latex toxique chez certaines espèces pouvant gêner le sylviculteur)), présentent l'avantage d'être adaptées si elles sont correctement choisies.

Photo 28 et 29 : observation de jeunes plants d'espèce autochtone (*Sapium glandulosum* ou *caribaeum*, bois la glu) issu de régénération naturelle d'arbres mères situés dans les ravines le long des plantations de bananes, photo 28 arbre issu de semis venant d'être élagué, photo 29 système racinaire en étoile (Photos Jean-Marc Bouvet)

Une liste d'espèces a déjà été établie en relation avec l'ONF. Il faudrait approfondir les études pour mieux connaître l'autoécologie de ces espèces et ainsi mieux analyser leur potentiel.
Certaines sont déjà en cours d'observation dans les bananeraies avec l'analyse de leur réponse à l'élagage (voir photos 28).
Dans la cas du *Sapium glandulosum*, les semis naturels montrent une croissance initiale convenable et une bonne rectitude de fût. Le système racinaire est bien développé mais présente des racines de surface qui pourraient gêner l'exploitation de la banane si elles continuaient à se développer en surface (photo 29).

13 - Documentation sur le bouturage herbacé de l'eucalyptus

De la documentation sur le bouturage herbacé de l'eucalyptus a été envoyée à SOBANOR (voir ci-dessous). Ces deux documents concernent deux techniques de bouturage de l'eucalyptus ; la première est plus ancienne et plus rustique, elle est basée sur des boutures issues de rejet de souche. La seconde nécessite une technicité plus grande, elle est basée sur une miniaturisation de la souche et des boutures. Les deux techniques nécessitent une infrastructure en pépinière comportant un système de mist intermittent.
Il faut souligner ici que le bouturage et donc le clonage des eucalyptus iraient à l'encontre de la volonté de développer des cultures diversifiées pour diminuer l'apport d'intrants (engrais et pesticides), rendre le système plus résilient….En effet la production et l'utilisation de clones réduiraient la base génétique du matériel végétal forestier.
Si la technique de bouturage s'avérait facile à réaliser pour cloner des eucalyptus particulièrement intéressants pour la culture associée à la production de banane (fort système racinaire pivotant, croissance initiale forte, capacité à bien rejeter au-dessus de 4 mètres, branches fine, litière abondantes….) il serait alors préférable de mélanger plusieurs clones idoines dans les plantations (on peut donner le nombre d'une quinzaine comme indication).

B. Martin, J. Quillet (1974) Bouturage des arbres forestiers au Congo – Résultats des essais effectués à Pointe-Noire de 1969 à 1973. BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES, 1974, N° 155, 15-33

R. A. Saya, F. Mankessi, M. Toto, J.-N. Marien, O. Monteuuis (2008) Advances in mass clonal propagation of Eucalyptus urophylla x E. grandis in Congo BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES, 2008, N° 297 (3), 15-25

14 - Ligneux de sous étage, ombrophile et facile à multiplier

Pour le sous-étage bananier, les planteurs testent actuellement le cacao, mais sont à la recherche d'autres espèces ligneuses qui auraient plusieurs vertus comme :
- poussant en sous étage (sous le bananier ou un autre arbre),
- répondant à l'élagage,
- produisant de la biomasse (mais pas trop),
- se multipliant facilement (graines faciles à obtenir, bouturage facile comme par exemple sous forme de plançon),
- contribuant à diminuer la fumure,
- contribuant à diminuer la charge des pathogènes et notamment cercosporiose.

Il a été pris Contact avec Pascal Petronelli du Cirad (pascal.petronelli@cirad.fr) basé en Guyane et spécialiste des espèces de forêt amazonienne, pour savoir si des espèces connues en Guyane pouvaient remplir ce rôle.

Ce dernier a proposé de tester *Inga edulis* (Fabaceae) fixateur d'azote, producteur de fruits comestibles et à croissance rapide. Les graines pourraient être obtenues via le contact de Pascal Petronelli.
Il existe un autre Inga local, *Inga martinicensis* C.Presl, Pwa dou montann (Créole guadeloupéen, Antilles françaises) qu'il serait peut être intéressant de tester aussi. (voir si les possibilités de récolte avec l'ONF sont envisageables en Martinique).

15 - Introduction de diverses espèces forestières et provenances

Après consultation des services de la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de la Martinique , l'introduction d'espèces exotiques fait référence à la question des réglementations des EEE (espèces exotiques envahissantes). Voir notamment la « Note technique du relative à la mise en oeuvre de contrôles aux frontières afin de prévenir l'introduction sur le territoire métropolitain d'espèces exotiques envahissantes animales et végétales en provenance de pays tiers à l'Union Européenne ». Pour la Martinique on doit donc considérer l'arrêté définissant la liste niveau 1 (L411-5 CE) des espèces autochtones ; toute espèce ne figurant pas dans cette liste, en dehors des espèces domestiques ou cultivées, ne peut être introduite directement dans le **milieu naturel** et doit faire l'objet d'une autorisation de la préfecture. Il existe aussi la liste niveau 2 (L411-6) qui concerne les espèces strictement interdites sur le territoire. Les acacias et eucalyptus et les espèces ci-dessous ne figurent pas dans la liste de niveau 2.
Même si l'introduction d'espèces exotiques ne semble pas favorisée en Martinique, déjà confrontée à des problèmes d'envahissement par des espèces exotiques (bambou, tulipier du Gabon, Miconia, laitue d'eau, jacinthe d'eau etc pour la flore mais aussi en faune...), après examen des arrêtés, les espèces pour lesquelles nous proposons la fourniture de graines ne sont pas interdites dans les **écosystèmes cultivés** comme la bananeraie(nous postulons qu'il ne sont pas des milieux naturels comme évoqué dans la liste 1).
Signalons aussi que certains eucalyptus font l'objet d'un processus de domestication et ne rentrent plus dans le cas des espèces non domestiques.

Une liste d'espèces a été sélectionnée par SOBANOR (voir annexe 4) et des propositions sur les sources de graines sont données ci-dessous pour ces espèces. Plusieurs lots sont fournis par le Cirad ainsi que de nouveaux lots (voir les tableaux en annexe 5 des lots qui seront envoyés à SOBANOR).

- *Eucalyptus pellita*

Les essais de provenances internationaux du Cirad ont montré que les provenances issues de Papouasie Nouvelle-Guinée étaient les meilleures dans les conditions de la Guyane et de la République du Congo. Le Cirad ne possède plus de provenances de Papouasie mais peut fournir un lot dont la latitude est proche de celle de Papouasie. Ce lot est d'ailleurs testé dans les essais mentionnés ci-dessous et ses performances sont similaires aux provenances de Papouasie (testé dans des essais dont les conditions très humides de la station de Luansong à Sabah comme le montre l'article ci-dessous Hartwood et al (1997)).
Nous avons par ailleurs questionné le Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation ou CSIRO et l'Australian Tree Sedd Center ou ATSC qui nous propose des graines

améliorées issues de verger à graines composés majoritairement de provenances de Papouasie.

C.E. HARWOOD, D. ALLOYSIUS, P. POMROY, K.W. ROBSON and M.W. HAINES (1997) Early growth and survival of *Eucalyptus pellita* provenances in a range of tropical environments, compared with *E. grandis*, *E. urophylla* and *Acacia mangium* New Forests 14: 203–219, 1997.

Nous proposons un lot *d'E. pellita* du Brésil car celui-ci est issu d'un début de schéma d'amélioration. Ceci étant les conditions climatiques de la station dont le lot est issu sont plus fraiches que la Martinique.

- *Eucalyptus urophylla*

Les performances des différents essais de provenances implantés dans des zones de climat tropical humide, en Guyane, République du Congo, Côte d'Ivoire, Cameroun, Madagascar montrent que les provenances issues des Iles de la Sonde et de basse altitude sont les plus performantes. Nous avons donc proposé trois provenances : Rivière Ulanu île de Ouest Alor, Monte Lewotobi et Monte Egon île de Flores.
Ces provenances se distinguent dans les essais de zones tropicales de basse altitude par leurs performances de croissance, la régularité du fût, la forme de la cime et l'homogénéité des peuplements.

- *Eucalyptus Tereticornis*

Nous proposons un lot du Cirad issu de son aire naturelle en Papouasie Nelle Guinée et donc a priori adapté aux conditions humides et chaudes de la Martinique ; C'est cependant à titre exploratoire car nous ne connaissons pas les performances de cette provenance.
Un lot provient aussi du Brésil et a subi un début de processus d'amélioration dans des conditions de latitude tropicale humide mais avec une pluviométrie plus faible qu'en Martinique et une saison sèche marquée.

- *Eucalyptus citriodora*

Certains individus installés dans les jardins de Martinique semblent montrer une bonne adaptation, du moins durant les premières années de croissance. A ce titre et suite aux discussions avec SOBANOR, nous proposons une provenance Cirad, la plus haute dans les latitudes Sud d'Australie et donc la plus adaptée au climat humide.

- *Eucalyptus hybrides*

Nous proposons deux eucalyptus hybrides issus du Brésil, *Eucalyptus grandis x camaldulensis* et *Eucalyptus urophylla x grandis*. Le premier est proposé à titre exploratoire, le second pourrait donner des performances intéressantes associant la bonne adaptation *d'E.urophylla* et la bonne croissance initiale et qualité de la forme du fût *d'E. grandis*. De plus cette dernière espèce confère un bouturage plus facile si des essais dans ce sens sont entrepris.
Le caractère hybride souligne que la production à plus grande échelle devra se faire par bouturage pour ne pas perdre le gain génétique du à l'hybridation. La reproduction par graine à partir des individus hybrides introduits briserait l'état hybride.

- *Gliricidia sepium*

Cette espèce a aussi fait l'objet d'essais internationaux de provenances. Pour plusieurs caractères, et notamment pour la production de biomasse, les études font ressortir des provenances performantes sur l'ensemble des sites, et donc présentant de bonnes capacités adaptatives. Il s'agit de 1. Pontezuela, Colombia 2. Retalhuleu, Guatemala 3. Belen Rivas, Nicaragua 4. Vado Hondo, Guatemala (voir le document cité ci-dessous (Dunsdon and Simons A.l. 1996)).

Le Cirad possède des graines anciennes mais avec deux provenances du Guatemala citée dans l'article comme une zone de bonnes provenances. Nous recommandons cependant de commander de nouveaux lots de graines en essayant de cibler les provenances ci-dessus.

Dunsdon A.l. and Simons A.l. (1996) Provenance and Progeny Trials in Gliricidia sepium Genetic resources for farmers TROPICAL FORESTRY PAPERS No. 33 Edited by J.L. Stewart, G.E. Allison and A.J. Simons : 93-118

- *Gmelina arborea*

Cette espèce a été largement étudiée notamment en terme de ressources génétiques. On compte une vingtaine d'essais de provenances répartie dans différentes régions de la zone tropicale humide testant une soixantaine de provenances. De ce réseau d'essais il ressort :
parmi les populations naturelles, les provenances de l'Assam oriental et du Tripura du Nord-Est de l'Inde et la plupart des provenances du nord de l'Inde sembleraient être les meilleurs choix et les plus sûrs quant à la survie et la croissance.
Les lots de graines issus de plantations sont meilleurs que les lots issus des peuplements naturels, sans doute à cause des effets de dépression dus à la consanguinité très présente en milieu naturel car les arbres sources de graines sont isolés favorisant l'autofécondation.
Nous proposons quelques lots de *Gmelina* du Cirad. Ces lors sont anciens et issus d'arboretums (donc probablement d'arbres isolés) sans aucune garantie sur la qualité de la germination et des lots.
Nous préconisons fortement de réintroduire des lots issus de vergers à graines où de plantations plutôt que de lots issus directement de l'aire naturelle.
Il existe plusieurs fournisseurs, voir les sites ci-dessous mais il faut bien se renseigner sur la provenances des graines.
https://www.greenfieldagroforestry.net/khamer-tree-seeds-gmelina-arborea--1639043.html
https://www.indiamart.com/proddetail/gamhar-seeds-gmelina-arborea-seeds-18191674548.html

E. B. LAURIDSEN and E.D. KJAER (2002) Provenance research in Gmelina arborea Linn., Roxb. A summary of results from three decades of research and a discussion of how to use them
Published in International Forestry Review 4(1), 2002 : 1-15

- *Swietenia macrophylla*

Cette espèce a fait l'objet d'étude via un réseau international sous l'égide de la FAO. Voir le document ci-après :
GENETIC RESOURCES OF Swietenia AND Cedrela IN THE NEOTROPICS: Proposals for Coordinated Action

by: Fernando Patiño Valera Based on contractual work for FAO by: P.Y. Kageyama, C. Linares B., C. Navarro P., F. Patiño V.
Supported by Project FAO/GCP/RLA/128/NET ROME - ITALY 1997
http://www.fao.org/docrep/006/AD111E/AD111E00.htm#ack

Des essais ont été installés au Costa-Rica sous l'égide du CATIE (Centra Agrônomico Tropical deInvestigacion e Ensenanza) et à Porto-Rico sous l'égide de IITF (International Institute of Tropical Forestry) pour identifier et sélectionner des provenances de *S. macrophylla* ainsi que certains hybrides *S. macrophylla x S.mahogani* résistants à la mineuse. On note une forte variabilité naturelle compte tenu d'une aire naturelle très vaste (Amérique du Sud et Centrale).
Ceci étant, cette espèce a été introduite à la Martinique et fait l'objet d'une gestion par l'Office National des Forêts (voir référence ci-dessous). Plusieurs peuplements adultes porte-graines sont gérés sur les stations les plus fertiles et selon les critères habituels de qualité du phénotype (rectitude du fût, absence de cannelures, bon élagage) et de bon état sanitaire.
Il apparaît donc préférable d'utiliser les provenances locales plutôt que de nouvelles introductions pour poursuivre les essais en mélange avec cette espèce si les premières plantations au sein de la bananeraie donnent satisfaction.
Il est mentionné dans l'étude ci-dessous des attaques de mineuses des pousses ou borer (*Hypsipyla* sp.) au sein des plantations ONF. Les observations soulignent que des plantations en mélange avec un bon gainage des tiges, limitent fortement les attaques de borer. Dans le cas des plantations associées à la banane et à d'autres espèces d'arbres de sous-étage type cacao, les conditions seront plutôt favorables pour limiter le borer. Les visites des essais d'association de Basse-Pointe n'ont pas montré d'attaques pour l'instant.

Vennetier M, Plan J (1996) Contribution des dispositifs expérimentaux de Martinique à la sylviculture du Mahogany à grandes feuilles {Swietenia macrophylla King (NF - BULLETIN TECHNIQUE n* 36 - DÉCEMBRE 1998

https://www.researchgate.net/publication/313443257_Contribution_des_dispositifs_experimentaux_de_Martinique_a_la_sylviculture_du_Mahogany_a_grandes_feuilles_Swietenia_macrophylla_King_Contribution_of_experiments_in_Martinique_to_the_sylviculture_of_th [accessed Jan 27 2019].

- *Leucaena leucocephala*

Cette espèce originaire d'Amérique centrale a été largement distribuée dans les pays de la zone intertropicale. Elle est présente en Martinique et a fait l'objet d'une étude (voir référence ci-dessous)
La croissance, la production de biomasse et la composition minérale de cette plante ont été étudiées dans les conditions écologiques de la Martinique. Ces données permettent d'estimer les quantités de matière végétale qu'il faudrait apporter pour utiliser cette légumineuse comme "engrais végétal" appliqué sous forme de paillis. Il existe un Intérêt pour *Leucaena* comme culture d'association avec le bananier mais sa sensibilité aux nématodes doit être mieux connue.

Le Cirad ne dispose pas de graines de cette espèce mais compte tenu de sa présence en Martinique il est préférable d'utiliser la provenance locale qui a priori est bien adaptée. Le

Leucaena est, d'après la littérature, pollinisé par des insectes et auto fertile. Les graines sont souvent issues d'auto fécondation. Il est donc possible que le fardeau génétique soit éliminé et que la récolte sur des arbres isolés ne produisent pas de plants mal conformés et mal adaptés.

Godefroy Jacques. 1987. Contribution à l'étude de Leucaena leucocephala (LAM.) de WIT. en région tropicale Fruits, 42 (12) : 703-708.

16 – Interaction avec le système de RD local et régional

Des accords pour la mise en œuvre de travaux de RD ont été décidés entre le groupe SOBANOR et les partenaires de la recherche en Martinique:
- citons la démarche Banabio : expérimentation testant un système bio-intensif, un système bio diversifié et une pratique conventionnelle
- citons des accords plus spécifiques impliquant des analyses au sein des exploitations du groupe pour analyser l'impact du système diversifié. Les CR de la rencontre de 04/12/2017 montre un programme assez large touchant les questions de cercosporiose (biodiversité, éléments nutritifs, activités biologiques et fertilité, performances agronomiques) . Le CR de la rencontre du 4/12/2018 montre un programme plus resserré sur la cercosporiose et sur la biodiversité de la macrofaune du sol.

Il serait intéressant d'amplifier cette coopération sur la base des expérimentations que met en place le groupe SOBANOR dans un cadre de recherche action. En effet ce type d'expérimentation, qui, comme nous l'avons souligné, ne s'inspire pas des principes académiques de la statistique expérimentale, offre l'avantage de tester des situations en vraie grandeur et donc de mesurer des effets sur des surfaces pertinentes.

La réactivité du groupe SOBANOR, sa capacité à se mobiliser via des expérimentations et son engagement dans des techniques d'agro-écologie sont une bonne opportunité pour la recherche en Martinique d'aborder des questions cruciales en complément des programmes en cours.

Annexes

Annexe 1 : programme de la visite de Jean-Marc Bouvet du 8 au 11/01

Programme visite Jean-Marc BOUVET

04/01/19

HEURE	MARDI 8	MERCREDI 9	JEUDI 10	VENDREDI 11
8:00	Présentation générale en salle : - notre entreprise - expérience JMB	Etude profil de sol Fanny : eucalyptus, gmelina et glyricidia Bagasse nord : eucalyptus Voir plants malades bagasse nord	Discussion autour de l'eucalyptus : - variétés - de la semence à la plantation - plan de fumure - taille - maladies - …	Temps libre JM BOUVET
8:30				
9:00				
9:30				
10:00				
10:30	Visite bananeraie conventionnel, jachères (ETAN), parcelles agro (pte barrière, fanny et bourguignon)			
11:00				
11:30				Synthèse observations à l'équipe
12:00				
12:30	Déjeuner petit palais	Déjeuner cascade	Déjeuner	Déjeuner
13:00				
13:30				
14:00	Suite visite champs (Verger 4, Gabriel bas, Gd béranger et haut de Gradis)	Description en salle essai agro déjà menés et discussion systèmes de culture/mécanisation	Autres espèces d'abres possibles Approvisionnement en plants/semences Le système à terme	Temps libre JM BOUVET
14:30				
15:00				
15:30				
16:00				
16:30				
17:00				

Annexe 2 : descriptif des plantations associant arbres et bananier au 04/01/2019 – SOBANOR

Synthèse plantations agroforesterie au 04/01/19

07/01/19

Parcelle	Surface	Date plantation arbres	Date plantation banane	Qté arbres	Densité arbres/ha		Densité banane/ha	Fumure	Remarques
Petite barrière	0.36	22/09/16 à 16/11/16 Cacaos : 13/12/16 et 05/05/17	22/09/16 à 16/11/16	264.6 (hors cacao)	735	6.8 x 2	1470	Plan de fumure banane Engrais bio depuis sem 39 Traitement cerco sérénade depuis sem 39	
Fanny	2.5	25/01/17 à 30/03/17 voir détail sur schéma fanny	25/01/17	1820	735	6.8 x 2	1470	Plan de fumure banane Engrais bio depuis sem 48	
Bagasse nord	4.87	04/01/18	09/05/18 à 14/06/18	2172	446	5.6 x 4	1650		Bcp d'eucalyptus sont morts déséchés ou sont tombés avec le vent
Bourguignon	2.22	28/03/18	Prévu juin 2019	1806	833	6 x 2	1666 prévu		
Verger 4	3.1	25/09/18 à 03/10/18	Prévu juin 2020	2345	827	5.6 x 2.16	1650 prévu	30 g/pied 32.22 le 05/10/18 300 g/pied kaka poul le 12/10/18 8 kg/pied bagasse autour du pied	Un peu de mortalité à la plantation (environ 8 %)
Gabriel bas	3.44	03/10/18 au 26/10/18	Prévu juin 2021	2600	893	5.6 x 2	1650 prévu	50 g/pied 28.15 le 14/11/18	
Grand béranger pentes	2.28	23/08/18	Pas prévu	1860	833	6 x 2	SO	44 g/pied 28.15 le 29/08/18 330 g/pied biogerm le 16/10/18 XX g/pied biogerm le 04/01/19	Un peu de mortalité à la plantation
Grand béranger plateau	1.6	02/10/18 (eucalyptus)	Pas prévu	1230	833	6 x 2	SO	100 g/pied kaka poul le 15/10/18 100 g/pied 7.3.15 le 24/12/18	
	20.37		Total eucalyptus	12013					

Liste des espèces d'arbres plantés (agroforesterie)

03/01/19

MaJ le 03/01/19

Arbre	Recommandé par
Gmelina arborea	Gotsch
Glyricidia sépium	Gotsch
Eucalyptus pellita	Gotsch
Sombrero mexicana (Clitoria fairchildiana)	Gotsch
Schizolobium parahyba	Gotsch
Spondias mombin	Gotsch
Paulownia	Romain
Acacia mangium	Romain
Papayers adamaoua	BA
Pois doux gris (inga ingoïdes)	BA
Mapou (pinsonia ...)	BA
Mahogany grande feuilles (Swietenia macrophylla)	PA
Filao (Casuarina equisetifolia)	PA
Leucaena leucocephalla	PA
Bactris gasipaes	PA
Moringa oleifera	Marcelino
Bucida bucera	Marcelino
Cotelette (Citharexylum caudatum)	Marcelino
Enterolobium	Marcelino
Pongame	Marcelino
Génipa americana	Marcelino
Peltophore	Marcelino
Acacia longifolia	Marcelino
Gommier blanc	Marcelino
Hibiscus elatus	ONF
Cacao	
26	

Espèces recommandées par GOTSCH restant à tester : Joannesia princeps

Espèces locales qui paraissent intéressantes : sapium glandulosum ou caribaeum (bois la glu), Cordia sulcata (mahot bré)

+ Swietenia Mahogani ou macrophylla (gde feuille)

Annexe 4 : liste des espèces d'arbres présentant un potentiel en association avec la plantation de bananier

07/01/19

	Bilan des arbres identifié comme ayant du potentiel				
Qualités	**Eucalyptus Pellita**	**Gmelina arborea**	**Glyricédia sépium**	**Leucaena leucocephalla**	**Swietenia macrophylla**
Rapidité de croissance	+++	+++	++	++	+
Dominance apicale	+++	-	+	+	++
Pas de tuteurage	+++	++	++	++	++
Très résistant à la taille	+++	+++	+++	+++	?
repart du point de taille	+++	-	+	+	?
Facilité de la taille	+++	+	++	++	?
Bonne production de MO	+	+++	+	++	?
Résistant aux maladies	-	+++	+++	+++	?
Facilité production plants	+++	-	++	++	+
Résistance au vent	+++	+++	+++	+++	+++
Résistance à l'engrais	-	+++	++	?	++
Résistance traitement cerco	+++	+++	+++	+++	+++

Annexe 5 : liste des lots de graines proposés par le Cirad à SOBANOR

Lots de graines en provenance d'aire naturelle de l'Eucalyptus (CSIRO/ATSC) et Cirad

Code	Nom_GE	Nom_ES	Nom_PA	Code_Prov	Nom_Prov	Latitude	Longitude	Altitude	NbrSemenciers	Mélange	DateRécolte	DateStockage
9410241N	Eucalyptus	camaldulensis	AUSTRALIE	412145056	KATHERINE RIVER,KATHERINE	-14.300000	132.150000	110	14	I	15/09/1994	15/09/1994
9510285N	Eucalyptus	citriodora	AUSTRALIE	412175029	ESE OF MT.MOLLOY	-16.420000	145.230000	600	12	I	15/06/1995	15/06/1995
9810425	Eucalyptus	grandis	AUSTRALIE						27	I		
8908739N	Eucalyptus	pellita	AUSTRALIE	412665012	KERU-KUMBALUSI, WP	-8.350000	141.450000	35	6	I	15/10/1988	15/04/1989
8002758N	Eucalyptus	robusta	AUSTRALIE	412790012	BOWENIA-MARYVALE,N.ROCKHAMPTON	-22.530000	150.410000	55	8	I	15/01/1980	15/01/1980
8203798N	Eucalyptus	tereticornis (syn.umbellata)	PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINEE	412870045	SIRINUMU, SOGERI, PAPOUASIE-NOUVELLE GUINEE	-9.300000	147.260000	580	20	I	15/01/1982	15/01/1982
8002808N	Eucalyptus	urophylla (syn.decaisneana)	INDONESIE	412940047	HAUTE VALLEE RIV. ULANU,OUEST ALOR	-8.200000	124.270000	500	30	I	15/08/1979	15/01/1980
7902483N	Eucalyptus	urophylla (syn.decaisneana)	INDONESIE	412940038	Monte Lewotobi	-8.320000	122.470000	540	50	I	15/08/1979	15/01/1979
8002807N	Eucalyptus	urophylla (syn.decaisneana)	INDONESIE	412940036	Monte Egon	-8.400000	122.260000	550	38	I	15/08/1979	15/01/1980

Graines d'Eucalyptus en provenance du Brésil

N envoi Cirad	Fournisseur (réel)	Nom_GE	Nom_ES	Nom_PA	Nom_Prov	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Pluviométrie (mm)	Nbre Semenciers	Poids
2	IPEF	Eucalyptus	tereticornis	Brésil	City: Açailândia – MA – Brazil	05°05'S	47°39'W	260	1,470	several Breeding Generation: F1	0.002
5	IPEF	Eucalyptus	pellita	Brésil	Anhembi	22°47'S	48°09'W	500	1,350	several Breeding Generation: F1	0.002
10	IPEF	Eucalyptus	grandis x camaldulensis	Brésil	Anhembi	22°47'S	48°09'W	500	1,350	several from Breeding Generation: F2	0.002
11	IPEF	Eucalyptus	urophylla x grandis	Brésil	Anhembi	22°47'S	48°09'W	500	1,350	several from Breeding Generation: F2	0.002

Graines de Gmelina de provenances diverses

Code	Nom_GE	Nom_ES	Nom_PA	DateStockage	Code_PR	DateRécolte	PoidsInitial
8203797N	Gmelina	arborea	COTE D'IVOIRE	15/01/1982	448005003	15/03/1981	4,500.000000
8304133N	Gmelina	arborea	SENEGAL	15/01/1983	448005004	15/04/1984	830.000000
8505278N	Gmelina	gmelina moluccana	SALOMON (îles)	15/01/1985	448010001	15/09/1983	300.000000
8505278N	Gmelina	gmelina moluccana	SALOMON (îles)	15/01/1985	448010001	15/09/1983	300.000000
8606409N	Gmelina	arborea	SENEGAL	15/08/1986	448005004	15/02/1985	80.000000
8908487N	Gmelina	arborea	SENEGAL	15/02/1989	448005004	15/04/1987	1,900.000000
8908563N	Gmelina	arborea	COTE D'IVOIRE	15/04/1989	448005003	15/01/1989	24,400.000000
9109270N	Gmelina	arborea	COTE D'IVOIRE	15/02/1991	448005001	15/12/1990	24,800.000000