



ISTOM
Ecole Supérieure d'Agro-Développement International

32, boulevard du Port F. - 95094 - Cergy-Pontoise Cedex
Tél. : 01 30 75 62 60 Télécopie : 01 30 75 62 61 istom@istom.net



Mémoire de fin d'études

Conception et mise en place de systèmes cacaoyers conduits en agroforesterie en Martinique



BENATOUIL, Antonin

Stage effectué à [Martinique, France]
du [04/04/2016] au [23/09/16]
au sein de : [Plantation Saint Etienne]

Maître de stage : [Dormoy, Sébastien]
Tuteur pédagogique : [Shili-Touzi, Inès]

Mémoire de fin d'études soutenu en [11] 2016



istom

ISTOM

Ecole Supérieure d'Agro-Développement International

32, boulevard du Port F. - 95094 - Cergy-Pontoise Cedex
Tél. : 01 30 75 62 60 Télécopie : 01 30 75 62 61 istom@istom.net



Mémoire de fin d'études

Conception et mise en place de systèmes cacaoyers conduits en agroforesterie en Martinique

BENATOUIL, Antonin

Stage effectué à [Martinique, France]
du [04/04/2016] au [23/09/16]
au sein de : [Plantation Saint Etienne]

Maître de stage : [Dormoy, Sébastien]
Tuteur pédagogique : [Shili-Touzi, Inès]

Résumé – Summary - Resumen

Après avoir connu le déclin et une disparition totale sur le marché des productions agricoles de Martinique, le cacao refait surface depuis 2015 via la constitution d'une filière qui tend à s'organiser et qui regroupe l'ensemble des acteurs concernés. Cette filière encore modeste a de grandes ambitions puisqu'elle souhaite développer un cacao de qualité issu d'une conduite culturale responsable basée sur les principes de l'agroforesterie et de l'agro-écologie. La Plantation Saint Etienne, qui commande l'étude, est une exploitation à dominante bananière et sucrière qui souhaite s'insérer dans cette démarche en développant la culture du cacao sur son domaine. Par la valorisation des espaces inexploités, elle compte apporter une valeur ajoutée à son patrimoine tout en s'orientant vers l'agrotourisme. C'est dans ce cadre que la présente étude s'est concentrée, dans une première phase, à concevoir et définir des systèmes de cultures diversifiés et adaptés aux conditions locales, puis dans une seconde phase, à la mise en place de l'un d'eux.

Mots clés : Agro-écologie – Agroforesterie – Association de cultures –Cacao – Cacaoyer – Haie Brise-vent –Itinéraire technique – Martinique –Modélisation conceptuelle — Systèmes de culture

After disappearing completely from Martinique's agricultural market in the middle of 20th century, cocoa production crops up again since 2015 through the sector's structuring based on the gathering of all concerned actors. This emerging sector has already great ambitions, willing to develop a high quality cocoa grown with responsible and sustainable cultural methods, based on principles of agro-forestry and agro-ecology. La Plantation Saint Etienne, the company asking for the study, is a property already developing banana and sugar farming. It is willing to join the re launching of cocoa sector on the island by planting some on its fields. Through the valorization of its unexploited lands, the company would like to provide added value to its current farming heritage while moving forward to agro-tourism. The study presented here focuses in a first place on the identification and conception of both adapted and diversified cropping systems, in a second phase on the setting up of one of those chosen systems.

Key words : Agro-ecology – Agro-forestry – Crops combination – Cocoa – Cocoa tree – Windbreaks – Technological itinerary – Martinique – Conceptual modeling – Cropping systems

Después de haber desaparecido del paisaje de Martinica, en el medio del siglo XX, la producción de cacao esta reapareciendo desde el año 2015 a través la creación de un sector basado en la agrupación de todos los actores del gremio. Este sector naciente tiene grandes ambiciones, deseando desarrollar una producción de cacao de alta calidad con métodos responsables y sostenibles, basados en los principios agroforestales y agroecológicos. La Plantation Saint Etienne, empresa que solicito este estudio, es una hacienda que cultiva esencialmente plátanos y caña de azúcar. Ella desea acompañar el relanzamiento del sector implantando cacao en sus plantaciones. A través de la valorización de sus tierras no explotadas, la hacienda suele traer valor añadido a su patrimonio orientándose hacia el agroturismo. El estudio presenta en primera parte la identificación y la concepción de sistemas agrícolas adaptados y diversificados, y en segunda parte el establecimiento detallado de uno de estos sistemas.

Palabras claves: Agro-ecología – Agro-forestaría – asociación culturales – cacao – barreras contra el viento – itinerario técnico – Martinica - modelización conceptual – sistemas agrícolas

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| TABLE DES ILLUSTRATIONS | 5 |
| LISTE DES ABREVIATIONS | 7 |
| REMERCIEMENTS | 8 |
| INTRODUCTION | 9 |
| I. CONTEXTE | 10 |
| 1. Le cacao : une culture martiniquaise ancestrale qui fait son retour sur la scène locale et nationale | 10 |
| 1.1. XVIII ^{ème} siècle: l'âge d'or du cacao antillais | 10 |
| 1.2. Une réintroduction complexe du cacao face à une agriculture commerciale peu diversifiée 11 | |
| 1.3. La création d'une filière organisée, condition du soutien gouvernemental aux acteurs | 12 |
| 1.4. Les transformateurs : des acteurs incontournables et impliqués | 12 |
| 2. La Plantation Saint Etienne : une volonté de revalorisation des espaces inexploités | 14 |
| 2.1. Une exploitation au cœur d'un fort réseau d'entreprises | 14 |
| 2.2. La contribution du cacao à une volonté de diversification..... | 15 |
| 3. Délimitation de l'étude | 15 |
| II. DEMARCHE METHODOLOGIQUE POUR LA CONCEPTION ET L'ANALYSE DES SYSTEMES CACAOYERS A CREER | 17 |
| 1. Identification et délimitation des parcelles étudiées | 17 |
| 1.1. La sélection des parcelles : une étape clé dans la définition des systèmes à créer..... | 17 |
| 1.2. La géolocalisation et ses limites..... | 17 |
| 2. Le diagnostic des pratiques locales comme outil d'aide à la définition d'un système optimal | 17 |
| 2.1. Le choix de l'entretien semi-directif..... | 18 |
| 2.2. Critères d'échantillonnage..... | 18 |
| 3. Choix et définition des associations et itinéraires culturels | 18 |
| 4. Modélisation conceptuelle | 19 |
| III. RESULTATS : LES SYSTEMES CACAOYERS RETENUS, DES MODELES ET DES OBJECTIFS QUI DIFFERENT | 20 |
| 1. Etat des lieux des pratiques culturelles | 20 |
| 2. Conditions pédoclimatiques de la commune de Saint Joseph | 21 |
| 3. Choix et description des parcelles à exploiter | 22 |
| 4. Etude des contraintes de gestion | 24 |
| 5. Topographie | 25 |
| 5.1. Analyses de sol..... | 26 |
| 5.2. Description | 28 |
| 5.3. Recommandations | 29 |
| 6. Trois systèmes répondant aux contraintes du milieu | 29 |
| 6.1. Système 1 : cacaoyère sous ombrage naturel (Verger 7 et 8) | 30 |
| 6.2. Système 2 : prairie bordée d'arbres (Coulon 9) | 41 |
| 6.3. Système 3 : prairie (Hugo 1 et 2) | 54 |
| 7. Analyse des systèmes | 63 |
| IV. LANCEMENT DE LA MISE EN PLACE DU SYSTEME 1 (Verger 7 et 8) | 64 |
| 1. Phase de pépinière | 64 |
| 2. Phase de préparation des parcelles | 68 |
| V. CONCLUSION ET LIMITES DE L'ETUDE | 69 |
| VI. BIBLIOGRAPHIE | 70 |

TABLE DES ILLUSTRATIONS

| | |
|---|----|
| Tableau 1. Estimation de l'évolution du rendement au cours du temps. (Source : Deheuvels, 2011. D'après Wood and Lass, 1985). | 19 |
| Tableau 2. Caractéristiques des parcelles proposées à l'étude. | 23 |
| Tableau 3. Profils altimétriques des parcelles sélectionnées pour l'étude. (Source : Géoportail, 2016) | 25 |
| Tableau 4. Caractéristiques optimales d'un sol pour le cacaoyer. (Source : Mossu, 1992 ; Hornus et Snoeck, 2010) | 27 |
| Tableau 5. Résultats des analyses de sol de 3 parcelles. (Source : SCIC Martinique, 2016) .. | 28 |
| Tableau 6. Résultat de l'analyse de la granulométrie à 5 fractions. (Source : SCIC Martinique, 2016) | 28 |
| Tableau 7. Détail des composantes du système 1 et de leurs variables d'état. | 33 |
| Tableau 8. Détail des variables d'entrée du système 1. | 34 |
| Tableau 9. Détail des variables de sortie du système 1. | 34 |
| Tableau 10. Densités recommandées en fonction des conditions de culture. (Source : Deheuvels, 2011. D'après : Wright, 1999 ; Mossu (1992 ; 1990) ; Braudeau, 1969) | 38 |
| Tableau 11. Densités préconisées pour le système 1. (Source : d'après Mossu, 1990 ; Nair, 1979 ; Hallé, 1986 ; Dambas et al, 2015) | 38 |
| Tableau 12. Itinéraire technique du système 1 en année N de plantation. | 40 |
| Tableau 13. Itinéraire technique du système 1 en année N+1. | 41 |
| Tableau 14. Rendement du système 1 au cours du temps. | 41 |
| Tableau 15. Détail des composantes du système 2 et de leurs variables d'état. | 44 |
| Tableau 16. Détail des variables d'entrée du système 2. | 45 |
| Tableau 17. Détail des variables de sortie du système 2. | 45 |
| Tableau 18. Densités préconisées pour le système 2. (Source : d'après Mossu, 1990 ; Nair, 1979 ; Hallé, 1986 ; OIT, 2013 ; Dambas et al, 2015) | 52 |
| Tableau 19. Planning d'implantation du système 2 en année N. | 53 |
| Tableau 20. Planning d'implantation du système 2 en année N+1. | 53 |
| Tableau 21. Rendement du système 2 au cours du temps. | 54 |
| Tableau 22. Détail des composantes du système 3 et de leurs variables d'état. | 56 |
| Tableau 23. Détail des variables d'entrée du système 3. | 57 |
| Tableau 24. Détail des variables de sortie du système 3. | 57 |
| Tableau 25. Densités préconisées pour le système 3. (Source : d'après Mossu, 1990 ; Nair, 1979 ; Hallé, 1986 ; OIT, 2013 ; Dambas et al, 2015) | 60 |
| Tableau 26. Planning d'implantation du système 3 en année N-5. | 62 |
| Tableau 27. Planning d'implantation du système 3 en année N. | 62 |
| Tableau 28. Rendement du système 3 au cours du temps. | 62 |
| Tableau 29. Synthèse de l'analyse des systèmes. | 63 |
| Tableau 30. Calendrier de réalisation de la pépinière. | 64 |
| Figure 1. Diagramme ombrothermiques de la commune de Saint Joseph (Source : METEO France, 2016) | 22 |
| Figure 2. Carte schématique de l'environnement des parcelles Verger 7 et 8. | 30 |
| Figure 3. La végétation dense prolifère sous les cocotiers. | 30 |
| Figure 4. Représentation de l'association du système 1 et de la composition des différentes strates. | 31 |
| Figure 5. Dans ce système, les encombrements racinaires et aériens des cocotiers, cacaoyers et poivriers n'entrent pas en concurrence. (Source : Nair, 1979) | 32 |

| | |
|--|----|
| Figure 6. Les systèmes racinaires du cacaoyer et du cocotier n'entrent pas en concurrence directe du fait des structures qui diffèrent et de la prospection d'horizons différents (Source : Nair, 1979) | 32 |
| Figure 7. Modélisation conceptuelle des interactions du système 1 entre les variables d'entrées et les composantes. | 35 |
| Figure 8. Modélisation conceptuelle des interactions du système 1 entre les composantes. ... | 36 |
| Figure 9. Modélisation conceptuelle des interactions du système 1 entre les composantes et les variables de sortie. | 37 |
| Figure 10. Types d'organisation spatiale potentielle pour la plantation des cacaoyers. | 39 |
| Figure 11. Carte schématique de l'environnement de la parcelle Coulon 9. | 41 |
| Figure 12. Les arbres fruitiers entourent la parcelle et créent une barrière naturelle. | 41 |
| Figure 13. Représentation des associations du système 2 et de la composition des différentes strates dans sa forme définitive. | 43 |
| Figure 14. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 entre variables d'entrées – composantes. | 46 |
| Figure 15. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 entre composantes. | 47 |
| Figure 16. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 entre composantes et variables de sortie. | 48 |
| Figure 17. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 entre variables d'entrées et composantes. | 49 |
| Figure 18. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 les composantes. | 50 |
| Figure 19. Modélisation conceptuelle des interactions composantes et variables de sorties du système 2. | 51 |
| Figure 20. Répartition spatiale au sein du système 2. | 52 |
| Figure 21. Carte schématique de l'environnement des parcelles Hugo 1 et 2. | 55 |
| Figure 22. Les parcelles Hugo 1 et 2 surplombent les bananeraies. | 55 |
| Figure 23. Modélisation conceptuelle des interactions du système 3 entre variables d'entrées et composantes. | 57 |
| Figure 24. Modélisation conceptuelle des interactions du système 3 entre composantes. | 58 |
| Figure 25. Modélisation conceptuelle des interactions du système 3 entre composantes et variables de sorties. | 59 |
| Figure 26. Répartition et écartement des individus sur la haie brise-vent. | 60 |
| Figure 27. Répartition des haies brise-vent en fonction du dénivelé. (Source : d'après Géoportail) | 61 |
| Figure 28. Positionnement des haies brise-vent dans les parcelles. (Source : Géoportail, 2016) | 61 |
| Figure 29. La structure de la pépinière : une minimisation des coûts. | 65 |
| Figure 30. Les cacaoyers se développent dans les « pains de coco ». | 66 |
| Figure 31. De jeunes plants vigoureux sans carences visibles. | 67 |
| Figure 32. La préparation des parcelles : de leur état initial à final. | 68 |

LISTE DES ABREVIATIONS

% : pourcent
€ : euro
°C : degré Celcius
C/N : carbone sur azote
Casuarina esquisetifolia : Filao
Ca% : pourcentage de calcium
Cecropia peltata : bois canon
Cocos nucifera : cocotier
Crotalaria juncea : La Crotalaire
Drymaria cordata : Petit mouron
Erythrina variegata : L'immortelle
GI2E : Groupement d'Intérêt Economique et Ecologique
Gliricidia sepium : la Gliricidia
GPS : Global Positioning System
h : heure
ha : hectare
HSE : Habitation Saint Etienne
K% : pourcentage de potassium
Kg : kilo
Mg% : pourcentage de magnesium
Moringa oleifera : le moringa
N : azote
N mineral :
N total : azote total
P total : pourcentage de phosphore
PAC : Politique Agricole Commune
PARM : Pôle Agricole Régional de Martinique
PFNL : Produit Forestier Non Ligneux
Ph : Potentiel hydrogène
PLU : Plan Local d'Urbanisme
POS : Plan d'Occupation des Sols
Ppm : partie par million
PSE : Plantation saint Etienne
SAF : Système Agro Forestier
SFbc : Surface foliaire du Bois Canon
SFca : Surface foliaire du Cacaoyer
SFco : Surface foliaire du Cocotier
SFpm : Surface foliaire du Petit Mouron
Theobroma cacao : cacaoyer

REMERCIEMENTS

Avant tout, je tiens à remercier mon père pour son soutien inconditionnel durant toute ma formation. Sans lui je ne serais jamais arrivé où j'en suis aujourd'hui...

Je tiens à remercier M. José Hayot et MM. Florette Hayot qui m'ont accueilli dans leur entreprise, m'ont fait confiance pour la réalisation de l'étude et m'ont laissé une autonomie appréciable.

Je tiens également à remercier M. Sébastien Dormoy, mon maître de stage. Son professionnalisme et son expérience m'ont beaucoup enseigné. Je le remercie pour le temps qu'il m'a accordé et dans l'aide qu'il m'a apporté dans mon travail.

Je remercie M. David Batiza, qui a partagé son bureau avec moi pendant ces 6 mois, pour sa franchise, sa bonne humeur, son aide précieuse apportée dans cette étude et sa confiance.

Je tiens également à remercier M. Emmanuel Marseille, arrivé en même temps que moi sur la plantation pour son aide et son amitié.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel avec qui j'ai eu la chance de travailler pendant ces 6 mois et qui forment une équipe soudée et passionnante.

Je tiens spécialement à remercier mes camarades de la P.102 présents en Martinique pour leur joie, leur bonne humeur au quotidien.

Je tiens à remercier Hélène Bezombes pour son implication dans ce travail et pour tous les moments partagés autour du cacao.

Enfin, je remercie ma famille, mes amis, et tous ceux qui ont contribué à ce travail et à ces 5 années d'étude.

INTRODUCTION

Le cacao, culture ancestrale ayant fait le renom de la Martinique au XVIIIème siècle avant que les cultures de la canne à sucre et de la banane ne prennent de l'ampleur, revient au gout du jour. Face à un marché international grandissant proposant un panel de produits disposant chacun de spécificités propres, il est difficile de s'intégrer au sein de ce marché. C'est pourtant le pari qu'ont fait les producteurs de Martinique en développant une culture jusque là délaissée : le cacao. Bien que connaissant un début timide, se développe depuis 2015 la filière cacao en Martinique, soutenue par les acteurs institutionnels et économiques. Encore restreint, le nombre de producteurs adhérents à la démarche ne cesse de croître. Pour la relance de cette filière, les producteurs ont fait le choix de ne se baser que sur des pratiques issues de l'agroforesterie et de l'agro-écologie.

Les systèmes agroforestiers à base de cacao se développent considérablement de par le monde et proposent une vision alternative face à des systèmes majoritairement intensifs. Le système agroforestier présente l'avantage d'augmenter durablement la résilience des systèmes (Jagoret et al. 2014) du point de vue de la biodiversité et en réponse aux enjeux climatiques actuels. De plus, pour bon nombre de petits producteurs il représente un système riche et diversifié qui permet la sécurisation du revenu à contrario d'un système en monoculture où le revenu n'est basé que sur les prix fluctuants du cacao.

La Plantation Saint Etienne, qui commandite cette étude, est une exploitation bananière et sucrière qui souhaite s'inscrire dans cette démarche. Sur son parcellaire, la Plantation Saint Etienne dispose de surfaces inexploitées car inadaptées aux cultures qu'elle cultive déjà. En plus de la valorisation de ses espaces, PSE vise une nouvelle clientèle issue de l'agrotourisme et potentiellement intéressée par ce le regain d'intérêt que suscite le cacao dans un nouveau système de culture. C'est pourquoi elle souhaite se diversifier et prendre part au développement de la nouvelle filière.

Les parcelles sur lesquelles PSE souhaite implanter la culture du cacao présentent des caractéristiques variées qui nécessitent la mise en place de systèmes de culture adaptés.

L'objectif de l'étude étant de fournir au commanditaire une conception de systèmes adaptés, le but de ce mémoire est de présenter la démarche et la réflexion qui ont conduit à l'élaboration de systèmes de culture basées sur une approche de co-construction avec les acteurs.

En parallèle de la conception théorique des systèmes, a été partiellement mis en place l'un des systèmes préconisés.

Ce mémoire, présentera successivement, le contexte dans lequel se place la Plantation Saint Etienne et à quels enjeux la récente filière du cacao doit aujourd'hui faire face, la méthodologie sur laquelle s'est appuyée l'étude pour sa réalisation, la réflexion et les résultats de la conception des systèmes de culture, la mise en œuvre partielle de l'un des systèmes.

I. CONTEXTE

Dans cette partie nous présenterons le contexte dans lequel s'insère le projet ainsi que les objectifs et attentes du commanditaire quant à la présente étude.

1. Le cacao : une culture martiniquaise ancestrale qui fait son retour sur la scène locale et nationale

1.1. XVIII^{ème} siècle: l'âge d'or du cacao antillais

Une production importante représentant l'une des principales cultures commerciales martiniquaise

Ramené d'Amérique Latine, le cacao fut introduit en Martinique vers 1660 (Mossu, 1990). Cette culture se développa rapidement au sein d'un système basé sur les cultures principales que sont le café, le tabac, l'indigotier et la canne à sucre. Son expansion résulte de ses coûts d'implantation et de production moins importants en comparaison d'autres cultures déjà développées en Martinique, telle que la canne à sucre. Ainsi, durant la première moitié du XVII, 1,1 million de cacaoyers furent plantés (Saffache, 2005 ; Leconte et al., 1897).

Malgré les ouragans violents qui frappèrent la Martinique entre 1713 et 1780, détruisant les productions agricoles et supprimant près de la moitié des pieds de caféiers plantés, le cacao ne fut pas entièrement abandonné et fut encouragé à l'export par une réduction de taxes. Le cacao martiniquais connu ainsi l'âge d'or vers la fin du XVIII^{ème} siècle en couvrant, avec le cacao issu de Saint Domingue, la quasi-totalité de la consommation française (Leconte et al., 1897).

Les facteurs climatiques et économiques comme principales causes du déclin de la production

Du fait des ouragans qui frappèrent l'île par la suite, la culture du cacao fut peu à peu désavouée par les producteurs locaux au profit de cultures moins risquées comme la canne à sucre. Ainsi, en 1895, le cacao ne participait plus qu'à 1,8% des importations françaises de cacao marchand (Lecomte et al., 1897).

En plus du risque climatique, le cacao fut définitivement abandonné au profit de la culture de la canne qui, face aux attaques successives de l'oïdium et du phylloxera qui détruisirent les vignobles français, fut largement encouragée afin de subvenir aux besoins en alcool de la métropole (Saffache, 2005).

Une culture qui subsiste mais un savoir faire qui se perd

Aujourd'hui, la culture du cacao subsiste de façon partielle. En effet, elle n'est généralement plus pratiquée en tant que culture commerciale mais fait partie des cultures d'ornement ou n'a pour but que la consommation familiale. Certaines cacaoyères, aujourd'hui abandonnées, demeurent les seuls vestiges de la culture intensive d'autrefois. Ainsi beaucoup de producteurs ont perdu le savoir faire ancestral de transformation du cacao.

1.2. Une réintroduction complexe du cacao face à une agriculture commerciale peu diversifiée

Banane et canne, piliers de l'économie

Aujourd'hui, les cultures de la banane et de la canne demeurent les plus attractives et les plus rentables puisqu'elles représentent à elles seules 57% du chiffre d'affaire de la production agricole martiniquaise et quasiment 100% si l'on prend en compte le chiffre d'affaire des produits qui découlent de la canne, soit le sucre et le rhum (Agrest, 2014).

Ces deux cultures, qui occupent près des trois quart de la Surface Agricole Utile (SAU), sont majoritairement produites au sein des plus importantes exploitations qui ne sont détenues que un petit nombre d'exploitants, puisque selon Agrest (2014) 3% des agriculteurs exploitent 40% de la SAU.

Face à ce marché saturé, certains petits producteurs remettent en cause le système agricole actuel et se tournent vers un marché alternatif encore peu développé basé sur des cultures ancestrales. Le cacao fait ainsi peu à peu son retour dans le paysage agricole.

La réintroduction du cacao se présente ainsi difficile car, à l'inverse de la banane et de la canne, elle ne bénéficie pas autant des aides publiques, bien qu'impliquant certains coûts. De plus, face à un lobbying fort, notamment autour de la banane (Saffache, 2005), imposer un nouveau produit sur la scène locale ou nationale s'avère complexe.

Un besoin en innovations pour sortir de l'ombre

De ce constat a été amorcé en 2009 par le Conseil Régional, un projet de relance de la culture du cacao. Face au caractère marginal de cette culture, un audit patrimonial, commandité par la Chambre d'Agriculture, a été réalisé la même année. De cet audit sont ressortis plusieurs points :

- La nécessité d'un mode de culture innovant respectueux de l'environnement, dans le but de se démarquer de la concurrence potentielle sur le marché national
- La production d'un cacao de qualité à haute valeur ajoutée, afin de ne se focaliser que sur un marché de niche et de développer l'image d'un produit d'exception
- La constitution d'une filière organisée et soudée permettant une production et une transformation exclusivement locale à un prix attractif assurant la pérennité de l'activité et des acteurs

Le système agroforestier en réponse aux enjeux

Ainsi, les résultats de l'étude démontrent la nécessité de la mise en place de systèmes agro-écologiques basés sur la diversité qui se place en opposition aux systèmes de culture conventionnels.

La culture du cacao étant traditionnellement pratiquée en sous bois, les producteurs se sont orientés vers l'agroforesterie. En effet, cette dernière présente l'avantage d'une grande diversification des espèces qui la composent augmentant ainsi la résilience du système tout en limitant l'usage d'intrants (Jagoret et al., 2014). De plus, cette diversité permet la sécurisation du revenu des producteurs par la multiplicité des produits proposés à la commercialisation.

1.3. La création d'une filière organisée, condition du soutien gouvernemental aux acteurs

Quand l'association Valcaco fait suite au programme du même nom

Le programme VALCACO, lancé en 2012, avait pour but l'inventaire du patrimoine cacao au niveau de la Martinique en recensant et en localisant les cacaoyères encore présentes sur le territoire. Le but était de définir le potentiel productif des cacaoyères et les variétés présentes en Martinique.

A l'aboutissement du programme, et pour préserver la continuité de l'action, une association du même nom a été créée. Ainsi, en 2015, l'association Valcaco a vu le jour avec pour objectif la création d'une filière cacao martiniquaise structurée. Elle est organisée en 3 collèges : 1) Producteurs 2) Acteurs de la filières et acteurs généraux 3) Transformateurs. L'association a reçu le label GI2E, intégrant des normes environnementales à la production de cacao et permettant aux membres de l'association de bénéficier d'un taux supérieur pour les subventions délivrées par la PAC.

L'organique comme fer de lance

L'association promeut auprès de ses membres, comme cela est indiqué dans la charte des producteurs la pratique d'une agriculture basée sur le modèle agro-écologique incluant une utilisation raisonnée des produits phytosanitaires.

Une filière qui tend à se renforcer

Le nombre de producteurs membres de l'association ne cesse d'augmenter tant l'attractivité de la mise en place d'une nouvelle filière séduit. En effet, il est passé de 12 en 2015 au moment de la création de l'association à près d'une vingtaine durant l'année 2016. Bien que les producteurs membres ne soient pas encore en capacité de fournir une production suffisante pour répondre à la demande, de nombreux acteurs commencent à s'intéresser à la filière naissante.

1.4. Les transformateurs : des acteurs incontournables et impliqués

1.4.1. Les Frères Lauzéea : un artisan aux grandes ambitions

Un positionnement orienté vers un marché haut de gamme

Ce récent artisan implanté en Martinique depuis 2004 a fait le choix d'un positionnement haut de gamme se plaçant sur un marché de niche du chocolat fin. Possédant aujourd'hui de multiples boutiques en Martinique, il ouvre son marché en s'implantant dans d'autres régions telles que la Guadeloupe et la métropole. C'est via ses boutiques que l'artisan génère la majorité de son chiffre d'affaires avec une moyenne de prix-produit comprise entre 70 et 150€/kg.

Une nécessité d'investissement face à la production locale croissante

Au niveau local, Les Frères Lauzéea ne dispose pas d'atelier de transformation du cacao marchand en pâte de cacao. Seul un laboratoire servant à la confection du chocolat est présent sur le territoire. Ainsi, les Frères Lauzéea a développé un partenariat avec des chocolatiers basés en métropole car ils disposent d'infrastructures plus importantes leur permettant de transformer le cacao marchand. A terme, l'artisan a la volonté de développer sa propre chaîne de transformation afin de traiter la production locale en plein essor.

Une importation importante de la matière première

Du fait de ses infrastructures en développement, Les Frères Lauzéea n'achète que très peu de cacao aux producteurs locaux. De plus, l'artisan recherche un cacao marchand de qualité qu'il pourra transformer et valoriser sur son marché. C'est pourquoi le cacao produit en Martinique ne représente aujourd'hui qu'une faible part dans les approvisionnements de l'artisan. L'essentiel est issu de Guadeloupe, Amérique Latine et Afrique de l'Ouest.

La tablette comme fer de lance

C'est sur son produit phare, la tablette issue de crus, que Les Frères Lauzéea base sa stratégie de vente. En effet, après le développement de différents produits issus de terroirs d'Amérique Latine principalement, il a l'ambition de pouvoir développer un cru martiniquais distribué et valorisé sur le marché national.

1.4.2. La Chocolaterie ELOT : une production industrielle bien ancrée dans son segment

ELOT, le premier industriel de la Martinique

A l'époque où le cacao antillais est en plein essor mais n'est encore que peu valorisé, Auguste ELOT décide de fonder l'entreprise ELOT en 1910. ELOT devient alors le premier chocolatier martiniquais et propose un produit 100% local. Le chocolat a alors une image de produit « bonificateur », image diffusée dans le circuit scolaire. C'est cette image-produit que les actuels propriétaires et gérants préservent aujourd'hui.

Aujourd'hui, l'activité du chocolat subsiste. La concurrence et la non spécificité des produits distribués ont rendu caduques les autres activités de l'entreprise. La spécificité s'explique par le fait que le chocolat produit soit en majorité fabriqué à l'aide de matières premières locales et qu'il correspond aux besoins et attentes des consommateurs martiniquais.

Produits et positionnement sur le marché

C'est cette spécificité qui fait aujourd'hui d'ELOT le leader du marché martiniquais du chocolat noir (tablette) devant les géants mondiaux tel que Nestlé et le n°2 sur les autres produits (chocolat en poudre, etc.) derrière Nestlé. ELOT est peu présent sur les autres marchés en dehors du territoire martiniquais.

L'entreprise fabrique et distribue du chocolat en poudre, le chocolat « communion » (préparation chocolatée), de la pâte à tartiner, des tablettes (chocolat noir et de multiples variantes). Le produit phare et leader pour l'entreprise reste la tablette de chocolat noir (42%). La production actuelle est de 1 million de tablettes produites et commercialisées par an au niveau des Antilles/Guyane et majoritairement en Martinique.

ELOT a basé sa stratégie commerciale sur une gamme de chocolats accessibles et grand public. Le prix moyen de ses produits phares est compris entre 12 et 13€/kg. Seul un produit de l'entreprise ELOT peut se positionner sur le segment de la chocolaterie LAUZEAA : le chocolat de fin d'année. Mais ce chocolat est produit et commercialisé sur une période déterminée, limitée et dans de faibles quantités (entre 500kg et 1 tonne) en comparaison de la production annuelle d'ELOT. Ce chocolat est vendu dans un prix compris entre 30 et 50€/kg.

Un approvisionnement en matières premières diversifié de qualité hétérogène

Parmi ses approvisionnements, le cacao martiniquais ne représente que 10 à 15% de la quantité totale achetée chaque année par l'entreprise. La majorité du cacao est originaire de Côte d'Ivoire, de Colombie et de Madagascar.

Traditionnellement, les producteurs martiniquais apportent chaque lundi leur production. Ce ne sont que de petites productions de faible qualité car le processus de transformation post-récolte est mal maîtrisé et les fèves ne sont pas ou mal fermentées pour la plupart. Ces productions sont ensuite mélangées pour former des batch de 30kg. Au cours du processus d'élaboration du chocolat, ces fèves seront mélangées dans une certaine proportion au cacao Ivoirien et/ou colombien et/ou malgache. L'entreprise achète aux producteurs entre 2 et 3€ le kilo de fèves fermentées/séchées.

Une chaîne de production récente et disponible

L'entreprise, dans sa chaîne de fabrication, possède de nombreuses machines et est capable de traiter les fèves fermentées/séchées pour les transformer en tablettes. Elle possède deux ateliers distincts et non connectés, l'un pour fabriquer les tablettes de chocolat et l'autre pour la poudre de cacao. Les fèves fermentées/séchées ne sont utilisées que pour la fabrication des tablettes. La poudre de cacao est fabriquée via des pastilles de cacao directement importées.

Dans sa chaîne de fabrication des tablettes de chocolat, elle possède :

- Un torréfacteur récent (moins de 2 ans) d'une capacité de 60kg par batch
- Une décortiqueuse/broyeuse, qui permet d'obtenir la masse de cacao
- Deux makinter, l'un d'une capacité de 600kg et l'autre 200kg, qui servent à fondre la masse de cacao et y incorporer les autres éléments de la recette (sucre, vanille, etc.), l'opération dure 24h
- 4 cuves dont une petite de 200kg récemment acquise qui servira aux producteurs de Valcaco et aux expérimentations
- Une chaîne de fabrication des tablettes (tapis roulant, fondoir, etc.)

Les machines de traitement des fèves sont peu utilisées et ne servent que deux jours par semaine en période de production. Le taux d'utilisation des machines n'est ainsi que de 10%.

Une partie des machines est déjà mise à disposition des producteurs de Valcaco à titre gratuit et les infrastructures ont été conçues dans le but de pouvoir accueillir les producteurs.

2. La Plantation Saint Etienne : une volonté de revalorisation des espaces inexploités

2.1. Une exploitation au cœur d'un fort réseau d'entreprises

La Plantation Saint Etienne (PSE), qui commandite l'étude, est une exploitation agricole de près de 30ha, située sur la commune du Gros Morne. Les cultures principales sont la banane et la canne à sucre. L'assolement pour 2015 étant 15,5ha pour la culture de la banane, 11ha pour la canne, 2,2ha de jachère et 1ha de prairies.

Cette entreprise, créée en 1995 sous le statut juridique de Société à Responsabilité Limitée, compte aujourd'hui une quinzaine d'employés. Elle s'insère dans un vaste réseau d'entreprises ainsi que dans plusieurs filières. Constituant la base des filières, son but est la production de produits bruts que constituent la banane et la canne à sucre. Dans le cas de la banane, à la

production s'ajoute le conditionnement. La canne à sucre, sera transformée en rhum blanc à la Distillerie du SIMON, rhum qui sera par la suite conditionné ou vieilli puis conditionné et commercialisé à l'Habitation Saint Etienne par l'entreprise "HSE SAS". Ces deux entreprises faisant partie du même réseau d'entreprises que le Plantation Saint Etienne.

La Plantation Saint Etienne s'inscrit dans une dynamique globale à l'échelle du territoire martiniquais, du fait de ses différentes productions, qui sont les principales filières en Martinique.

2.2. La contribution du cacao à une volonté de diversification

La valorisation d'espaces inexploités

Dans sa recherche constante d'innover et de se développer, PSE a entrepris de valoriser les espaces encore inexploités de son domaine. Situées sur des pentes trop importantes ou en plaine, plusieurs parcelles sont ainsi laissées en friche car inexploitable pour les cultures de la canne et de la banane. Afin de valoriser et d'exploiter ces surfaces, PSE désire aujourd'hui implanter des cacaoyères. Ce sont près de 5 ha de terrain qui ont déjà été sélectionnés en amont pour accueillir les plantations et qui sont proposés à l'étude.

Un enjeu d'image lié aux systèmes de culture en place

Cette volonté d'implantation d'une culture ancestrale et de valorisation de l'espace répond également à un enjeu d'image. En effet, les cultures de la canne et de la banane en Martinique jouissent, auprès du grand public, d'une image de cultures intensives et implantées en dépit des productions traditionnellement cultivées. Parmi le réseau d'entreprises dont PSE fait partie, HSE SAS, qui vieillit et commercialise le rhum, pourrait pâtir de cette situation. C'est pourquoi l'ajout de cultures emblématiques, telle que le cacao, et l'ouverture des parcelles au public, apportent une valeur ajoutée quant à la modification de la perception des entreprises du groupe par le grand public.

L'agrotourisme comme objectif

C'est donc en réponse à ce second enjeu que PSE a décidé de viser une clientèle agrotouristique et grand public en faisant le choix d'une pratique culturelle basée sur l'agroforesterie et sur un mode de culture raisonné.

Une volonté de développement face à un manque de savoir-faire interne

Ne disposant pas de compétences internes en matière de culture du cacao en agroforesterie et dans la logique de développement d'un système de culture raisonné, PSE s'est rapprochée de l'association Valcaco afin de bénéficier de son expérience et de son expertise.

3. Délimitation de l'étude

Comme présenté précédemment, PSE ne bénéficiant pas de connaissances et de moyens humains internes pour étudier et mettre en œuvre son projet, elle a souhaité faire appel à une étude extérieure pour mener à bien l'étude et l'implantation de ses parcelles.

Vu le caractère récent du projet, PSE ne disposait pas, au début de l'étude, d'une idée précise du système qu'elle souhaitait implanter, si ce n'est le caractère agroforestier du mode de conduite.

C'est pourquoi l'étude avait pour but d'émettre des propositions quant à :

- L'élaboration d'itinéraires techniques détaillés
- La préparation des plants de cacao
- La préparation des parcelles et démarrage de la plantation
- L'organisation future de la gestion agronomique et économique de la culture de cacao

L'objectif général de l'étude ayant été défini comme suit : Réaliser une étude de faisabilité sur l'implantation d'une cacaoyère pour le compte de la Plantation Saint Etienne.

Le projet d'implantation n'étant qu'à ses débuts lors du lancement de l'étude, il apparaissait nécessaire de réaliser une étude préalable complète incluant une étude agronomique et financière.

Cependant, et bien que l'étude financière ait été prévue dans les objectifs de départ de l'étude, il n'a pas été possible de la mener à bien. En effet, la conception des systèmes et la mise en place du projet se sont avérés être les objectifs principaux.

C'est pourquoi l'étude s'est bornée à la conception des systèmes présentés dans ce mémoire et à la mise en place partielle de l'un d'eux.

Conclusion :

Malgré la chute de la production de cacao et l'abandon des cacaoyères au profit des cultures de la canne et de la banane, la culture du cacao, désormais conduite en agroforesterie, connaît une relance progressive. Soutenue par les acteurs institutionnels, l'association Valcaco encadre et encourage cette reprise d'activité par la structuration d'une filière. La Plantation Saint Etienne, commanditaire de l'étude s'insère dans cette démarche par le souhait de mise en place de cacaoyères conduite sur le même mode de culture agro-écologique.

II. DEMARCHE METHODOLOGIQUE POUR LA CONCEPTION ET L'ANALYSE DES SYSTEMES CACAOYERS A CREER

Cette partie sera dédiée à la description de la méthodologie mise en œuvre durant l'étude pour répondre aux objectifs assignés.

1. Identification et délimitation des parcelles étudiées

1.1. La sélection des parcelles : une étape clé dans la définition des systèmes à créer

La méthodologie sur laquelle s'appuiera l'étude se basera dans un premier temps sur un état des lieux de l'existant. En effet, il est important de délimiter les parcelles afin d'en connaître les limites, la surface totale, la surface exploitable, la topographie et les espèces en présence. Cet état des lieux résulte de nombreuses visites sur le terrain, afin d'étudier l'état et la composition des parcelles, complétées par une analyse de sol afin de connaître la composition des parcelles étudiées.

L'état des lieux a pour aboutissement la connaissance et la sélection des parcelles sur lesquelles s'appuieront les systèmes à créer.

1.2. La géolocalisation et ses limites

La localisation et la géolocalisation sont des étapes importantes dans la compréhension des milieux étudiés. La cartographie permet en outre de comprendre dans quel système général les parcelles étudiées s'insèrent et de déterminer les potentielles contraintes qui pèsent sur elles. L'utilisation du GPS permet de délimiter plus précisément les parcelles dans leurs environnements respectifs. Malheureusement il n'a pas été possible durant l'étude d'obtenir des données fiables et précises à l'aide de cet outil. La géolocalisation et les mesures qui en découlent ont donc principalement été effectués à l'aide du site « Géoportail » qui permet de coupler différentes données telles que l'altimétrie, les distances, l'historique du parcellaire, etc.

2. Le diagnostic des pratiques locales comme outil d'aide à la définition d'un système optimal

Afin de répondre aux objectifs de l'étude il est nécessaire de rencontrer l'ensemble des acteurs de la filière afin de comprendre dans quel environnement s'inscrit la démarche et quelles sont les possibilités de stratégie pour PSE. Des entretiens ont donc été conduits.

A la suite de cela, il faudra réaliser un diagnostic des pratiques locales auprès des producteurs de la zone étudiée. Ceci se fera par le biais d'entretiens semi directifs dans le but de :

- Comprendre comment ils évoluent dans leur environnement
- Analyser les enjeux de la filière
- Identifier les contraintes agronomiques qui exercent une pression sur les cultures et les itinéraires culturels

Ce diagnostic, s'ajoutant à des recherches bibliographiques, permettra de construire des itinéraires techniques adaptés aux parcelles choisies en intégrant les contraintes agronomiques locales.

2.1. Le choix de l'entretien semi-directif

La méthode d'enquête par entretien semi-directif a été choisie dans le but de laisser s'exprimer les producteurs sur les contraintes qu'ils peuvent rencontrer, notamment économiques et sociales. Pour la partie agronomique et itinéraire technique suivi, des outils seront mis en place.

2.2. Critères d'échantillonnage

Comme présenté précédemment, la plupart des producteurs locaux de cacao n'a pas pour objectif la production de cacao marchand ou chocolat destinée à la commercialisation. De fait, ces producteurs ne raisonnent pas leurs itinéraires culturels dans un but d'optimisation des surfaces et de la production. C'est pourquoi il a été fait le choix de ne sélectionner que les producteurs membres de l'association Valcaco.

Sur les 18 producteurs actuellement membres de l'association, seuls une dizaine possèdent des parcelles déjà productives. Les autres étant, au moment du stage, à la phase pépinière, sur la préparation des parcelles ou dans l'élaboration des dossiers de subvention. Dans le but de capitaliser les techniques culturelles et les expériences des producteurs, il a été décidé de n'enquêter que les producteurs ayant déjà des parcelles productives ou étant à la phase plantation.

3. Choix et définition des associations et itinéraires culturels

Des données recueillies durant le diagnostic des pratiques locales découlera la conception des systèmes de cultures.

Un système de culture est défini comme « l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique. Chaque système se définit par : 1) La nature des cultures et leur ordre de succession 2) Les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés » (Sebillotte, 1990).

C'est pourquoi, la conception des systèmes de culture se devra de définir les espèces correspondant au mieux à l'association avec le cacaoyer et aux contraintes pédoclimatiques et spatiales des parcelles. En plus des données recueillies durant le diagnostic des pratiques locales, la conception des systèmes de culture s'appuiera sur des recherches bibliographiques, puis devra être validée auprès des experts locaux, des centres de recherche notamment.

Le calcul du rendement

De multiples paramètres (tels que la qualité du sol, la pluviométrie, l'apport de matière organique importée ou interne au système, le risque de développement de maladies ou attaque de ravageurs, etc.) sont à prendre en compte dans l'élaboration du rendement. Dans notre cas, les associations présentées ne sont, à notre connaissance, pas présentes dans la bibliographie. Les valeurs recueillies dans la bibliographie, concernant les SAF à base de cacaoyer, varient de façon importante en fonction des paramètres précédemment cités et de la localisation géographique. Il est donc difficile à ce stade de définir une valeur fiable de rendement en kg/cacaoyer/an. C'est pourquoi nous avons pris le parti de définir une valeur moyenne de 3kg/cacaoyer/an de fèves fraîches. Ce chiffre est basé sur la compilation des données croisées entre la bibliographie et les dires d'acteurs locaux.

De plus, afin d'estimer l'évolution potentielle du rendement nous prendrons comme références les résultats obtenus par Deheuvels (2011) basés sur des données de Wood and

Lass (1985 –Table 6-12, p. 161), portant sur 8 cacaoyères conduites de façon intensive. Le mode de culture ne correspondant pas aux systèmes mis en place dans cette étude, les données recueillies sont à relativiser. Malgré cela, la tendance dégagée semble cohérente et applicable à nos systèmes, bien que le temps d'évolution pour conduire au rendement maximal puisse légèrement varier.

Les pourcentages d'évolutions sont présentés dans le tableau ci-dessous.

L'année N est l'année de semis qui correspond à l'année de plantation des cacaoyers.

Tableau 1. Estimation de l'évolution du rendement au cours du temps (Source : Deheuvels, 2011. D'après Wood and Lass, 1985).

| Année | N | N+1 | N+2 | N+3 | N+4 | N+5 | N+6 | N+7 |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Pourcentage d'évolution du rendement (%) | 0 | 0 | 0 | 4 | 25 | 60 | 75 | 100 |

4. Modélisation conceptuelle

La modélisation conceptuelle d'un système de culture a pour but de définir les interactions potentielles entre les différentes variables et composantes du système mais aussi de donner une vision systémique des parcelles cultivées.

Son intégration dans l'étude servira donc à l'appréhension des interactions potentielles entre les espèces sélectionnées et entre elles et leur milieu dans le but d'anticiper les risques liés à leur association.

Un système modélisé se définit donc par les interactions inter et intra catégories que représentent les variables d'entrées, les composantes et les variables de sorties.

Les variables d'entrées correspondent aux données interagissant avec le cœur du système constitué de ses composantes.

Les composantes, dans le cadre de la modélisation conceptuelle de systèmes de culture, sont définies par les espèces que l'on place en association et du sol, avec qui se fait des échanges.

Enfin, les variables de sorties représentent, quant à elles, ce que l'on veut obtenir du système, que ce soit une production ou l'amélioration des qualités paysagères par exemple.

Conclusion :

La méthodologie employée durant l'étude s'attardera à confronter la conception théorique des systèmes aux contraintes rencontrées et vécues par les producteurs locaux afin de donner une approche la plus complète possible des systèmes à mettre en place. Elle comportera ainsi 4 phases essentielles : 1) L'identification des parcelles 2) Le diagnostic des pratiques locales 3) La définition du système et de ses composantes 4) La modélisation conceptuelle.

III. RESULTATS : LES SYSTEMES CACAOYERS RETENUS, DES MODELES ET DES OBJECTIFS QUI DIFFERENT

Nous nous attacherons ici à présenter les caractéristiques du milieu et à démontrer la pertinence des systèmes à mettre en place.

1. Etat des lieux des pratiques culturelles

Les enquêtes auprès des producteurs membres de Valcao ont permis de dégager plusieurs points :

Le cacao : une activité majoritairement secondaire

La culture du cacao, au sein de l'association Valcaco, est une activité secondaire pour la grande majorité des producteurs. Bien que le cacao soit une culture ancestrale, elle n'est plus aujourd'hui pratiquée intensivement ou dans un but purement productif. Seules quelques anciennes cacaoyères, vestiges du passé, demeurent en place bien que présentant une production faible à moyenne.

Une main d'œuvre majoritairement familiale

Etant donné le caractère familial des cacaoyères présentes, peu de producteurs membres de Valcaco sont en capacité d'embaucher de la main d'œuvre. Ils réalisent donc généralement seuls leur activité de production et font appel à la main d'œuvre familiale occasionnellement pour les opérations de récolte et de post-récolte (écabossage, fermentation, séchage).

Le pratique face à l'agronomie

Il n'existe pas pour le moment de système type ni de standardisation du mode de culture. Les systèmes sont raisonnés de façon pratique et non de façon à optimiser le potentiel agronomique. Les facteurs de production ne sont ainsi que peu optimisés mais correspondent aux objectifs des producteurs que sont 1) La sauvegarde d'une culture ancestrale 2) La pratique d'une agriculture naturelle et biologique. La pratique de la culture étant majoritairement une activité secondaire, cela implique également un temps limité dédié au développement des cacaoyères.

Un système de culture basé sur le vivrier et la diversité

Dans les systèmes rencontrés, les cacaoyers s'insèrent dans une diversité de cultures dédiées au vivrier. Allant de la culture de tubercules aux arbres fruitiers, les systèmes sont complexes et se rapprochent du jardin créole arborant de multiples associations. Les cacaoyers ne sont, dans ces systèmes, que peu souvent la culture principale.

L'association se fait alors le plus souvent avec des arbres fruitiers tels que : le manguier, le cocotier, le prunier, le corossolier et l'avocatier.

Des pratiques culturelles entre traditionnelles et conventionnelles

Les pratiques culturelles au sein des membres de Valcaco sont très variées et ne sont pas généralisables. Lorsque certains producteurs choisissent la méthode de la pépinière pour la multiplication des plants, d'autres préfèrent le semis direct ou encore la sélection des plants qui se sont naturellement développés depuis les cabosses laissées au sol. La seule pratique rencontrée chez l'ensemble des producteurs est l'ajout de matière organique dans le trou de plantation. Elle est souvent constituée de déchets verts issus du désherbage manuel ou mécanique des parcelles.

En revanche, aucun producteur ne semble réaliser de taille sur les cacaoyers matures, qu'il s'agisse de la taille de formation ou de l'égourmandage, bien que cela soit recommandé par l'association Valcaco.

Un processus de transformation post récolte qui tend à être maîtrisé

Selon l'étude « Qualicaco » menée en 2015 et 2016 qui a pour but de contrôler la qualité du cacao marchand produit par les producteurs membres de l'association Valcaco sur des critères physiques, chimiques et organoleptiques, les producteurs semblent progresser positivement dans l'ensemble en ce qui concerne les étapes post-récolte (fermentation et séchage).

A contrario, et selon Charles Larcher le directeur de la chocolaterie ELOT, les producteurs non membres de Valcaco qui fournissent ELOT en cacao marchand ne semblent pas maîtriser l'ensemble des opérations post-récolte. Certains ne pratiquent que le séchage et d'autres une fermentation trop courte ne permettant pas aux arômes de se développer.

La fermentation et la torréfaction sont faites individuellement par chaque producteur et de façon artisanale. Néanmoins, via l'association Valcaco et son partenaire le Pôle Agronomique Régional de Martinique (PARM), les producteurs se dirigent aujourd'hui vers une mutualisation des outils de transformation.

Une commercialisation orientée vers les circuits parallèles

Du fait de la création récente de l'association Valcaco, les producteurs ont recours aux circuits parallèles de distribution. Souvent vendus sous la forme de « pain caco » (fèves broyées sous forme de pâte des suites de la torréfaction et du décorticage), le cacao est distribué en circuit court sur les marchés ou réseaux personnels des producteurs. Chacun ayant son propre réseau et sa propre notoriété, il n'y a pour le moment pas de mutualisation des circuits de vente.

2. Conditions pédoclimatiques de la commune de Saint Joseph

Les communes du Gros Morne et de Saint Joseph, sur lesquelles sont situées les parcelles proposées à l'étude, sont deux communes attenantes et présentant des caractéristiques similaires. La commune du Gros Morne ne disposant pas de station climatique, nous avons fait le choix de nous baser sur les résultats de la station climatique de Saint Joseph.

Comme on peut le voir sur la figure 1 présentant les données climatiques annuelles pour la station de Saint Joseph, les températures annuelles maximales et minimales se situent respectivement aux alentours de 30°C et 21°C pour une moyenne haute de 27°C et une moyenne basse de 22,7°C. Quant aux précipitations mensuelles enregistrées, le maximum est de 315,1mm/mois et le minimum de 94,2mm/mois. La pluviométrie annuelle, quant à elle dépasse 2400mm/an.

Au regard des exigences climatiques du cacaoyer, entre 30-32°C et 18-21°C pour les moyennes annuelles de températures maximales et minimales et une pluviométrie annuelle comprise entre 1500 et 2000mm avec un minimum de 100mm/mois, les communes du Gros Morne et de Saint Joseph semblent être adaptées à la culture du cacao.

Normales climatologiques annuelles de la Station de St Joseph

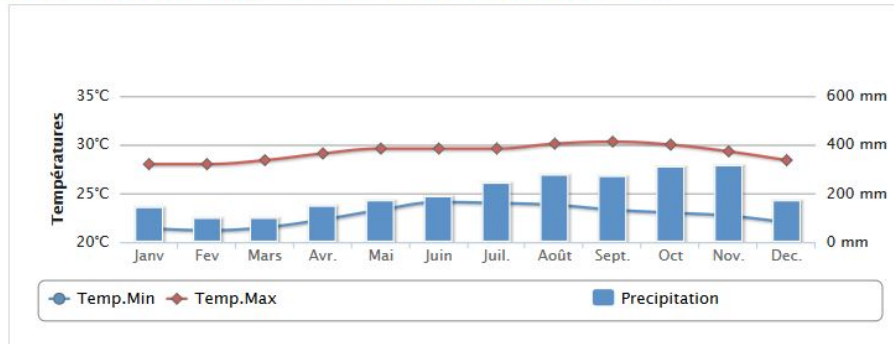


Figure 1. Diagramme ombrothermiques de la commune de Saint Joseph (Source : METEO France, 2016)

3. Choix et description des parcelles à exploiter

3.1. Justification du choix des parcelles

Le projet de PSE dans le cadre de la création de la nouvelle activité cacao prévoyait au début de l'étude une plantation sur un total de 6 parcelles. La totalité des parcelles n'étant mise en culture, il est apparu nécessaire de se rendre sur le terrain afin de répondre à différents objectifs :

- Localiser les parcelles
- Définir le type de milieu ainsi que l'environnement
- Identifier les composantes
- Mesurer la superficie des parcelles et la superficie exploitable
- Juger de l'accessibilité

La visite des différentes parcelles a montré les résultats suivants :

Tableau 2. Caractéristiques des parcelles proposées à l'étude.

| N° de parcelle | Localité / Commune | Superficie (m ²) | Accessibilité | Type de végétation présente | Atouts | Contraintes |
|----------------|--------------------|------------------------------|----------------|---|---|--|
| 313 | Gros Morne | 4 589 | Très bonne | Prairie avec arbres fruitiers en contours de parcelle | - Bonne exposition au soleil - Haie brise-vent ancienne entourant l'ensemble de la parcelle | - Situation isolée induisant des risques de vols - Absence d'ombrage sur la majeure partie de la parcelle |
| 307 | Gros Morne | 9 460 | Pas d'accès | Prairie avec majorité de touffes de bambous en contours de parcelle | - Parcelle bien exposée | - Parcelle enclavée au milieu de pâturages et bordée par la rivière ne permettant aucun accès direct - Parcelle en forme de cuvette maintenant un fort taux d'humidité au sol - Présence de nombreuses touffes de bambous => Acidification probable du sol |
| 79 | Gros Morne | 2 777 | Bonne | Couvert forestier dense à base de cocotiers et bois canon | - Couvert forestier développé - Grand plateau permettant une installation et une mécanisation facilitées | - Ecoulement d'eau important du fait des forts coteaux entourant sur 3 des côtés la parcelle - Parcelle située en bordure de rivière |
| 61 | Saint Joseph | 4 120 | Bonne | Prairie avec jeunes plants de bois canon | - Aménagements déjà présents et en état quasi-fonctionnels | - Dénivelé important Forte exposition au vent - Présence de multiples touffes de bambous ripisylves en bas de pente - Absence d'ombrage |
| 62 | Saint Joseph | 8 012 | Bonne | Prairie avec jeunes plants de bois canon | - Terrain aménagé en terrasses facilitant l'implantation de cultures | - Forte exposition au vent - Absence d'ombrage important |
| 574 | Saint Joseph | 25 000 | Très difficile | Prairie dominante avec espaces boisés en contre-fort de ravines | - Nombreux espaces disponibles | - Dénivelé irrégulier et quasi-constant - Accès difficile pour des engins agricoles - Présences de nombreuses ravines ne permettant pas l'installation de cultures - Absence d'ombrage sur une majeure partie de la parcelle |

Des suites de la visite de chacune des parcelles, il est apparu que toutes ne pourraient pas être sélectionnées pour la suite de l'étude.

En effet, face à la volonté du commanditaire d'implanter la cacaoyère dès la fin de l'année 2016, il a été décidé de ne sélectionner que les parcelles répondant aux critères suivants :

- **Accessibilité**, en privilégiant les parcelles facilement accessibles et ne nécessitant pas de trop lourds travaux d'aménagement pour les rendre accessibles et mécanisables au regard de la disponibilité en matériel et en main d'œuvre au sein de PSE
- **Composition de la parcelle**, en favorisant les parcelles déjà dotées d'un ombrage naturel et celles ne nécessitant pas d'importantes implantations (ombrage et/ou haie brise-vent)

Sur l'ensemble des parcelles proposées, et du fait des critères établis, seules les parcelles 313 et 79, nommées respectivement dans le cadre de la télé déclaration de surface, Coulon 9 et Verger 7, ont pu être sélectionnées. Une parcelle, non prévue à priori dans l'étude et juxtaposant Verger 7 (parcelle 79) a été ajoutée du fait de caractéristiques similaires à celles de Verger 7 et de sa disponibilité. Elle est par conséquent nommée Verger 8.

Bien qu'elles ne remplissent pas l'ensemble des critères (Nécessité d'implanter une haie brise-vent et des arbres d'ombrage), les parcelles 61 et 62, nommées Hugo 1 et Hugo 2, ont été sauvegardées au sein de l'étude car elles correspondent à un troisième type de milieu et nécessitent un système complet.

Les trois systèmes représentent ainsi un panel à priori complet des situations que PSE pourrait rencontrer dans le cas où elle souhaiterait augmenter la surface de production du cacao et par conséquent implanter de nouvelles parcelles.

Les parcelles 307 et 574 ont été écartées : la première, enclavée entre une rivière et des pâturages, n'ayant pas de voie d'accès directe et la seconde, fortement escarpée, nécessitant de lourds travaux d'aménagement pour la rendre accessible sans risque pour des engins agricoles. Les deux parcelles nécessitant la mise en place d'un ombrage définitif, il sera possible de s'appuyer sur les systèmes déjà mis en place pour les concevoir.

Ainsi, il a été préconisé l'installation des cacaoyères en plusieurs étapes, mettant de côté, dans un premier temps, les parcelles jugées plus complexes à mettre en œuvre. Cette stratégie répond à l'objectif d'installation rapide de cacaoyères et va permettre aux équipes de PSE de développer leur base de connaissance et d'expérience de la culture sur des parcelles facilitant le travail et la surveillance.

En conclusion, trois localisations de parcelles ont été sélectionnées. Elles représentent 3 systèmes différents à mettre en place et proposent ainsi un total de 5 parcelles à l'étude.

4. Etude des contraintes de gestion

Les parcelles sont situées sur deux communes. Il est donc important de se référer aux textes de gestion du foncier, Le POS (Plan d'Occupation des Sols du Gros Morne) et le PLU (Plan Local d'Urbanisme) de Saint Joseph afin de déterminer si elles sont contraintes par certaines normes foncières.

Les futures parcelles de cacao sont classées comme terres agricoles par le POS du Gros Morne. De fait, aucune contrainte de réaménagement du terrain dans un but agricole ne prévaut. Seule la présence de la rivière en bordure des parcelles Verger 7 et Verger 8 est un facteur important à prendre en compte dans l'aménagement des parcelles.

En effet, selon la loi de protection des rivières et cours d'eau, il est impératif de laisser une bordure végétalisée entre la culture le cours d'eau si on fait usage de produits phytosanitaires. Dans notre cas, et selon le principe qui régit l'ensemble des membres de l'association Valcaco, la culture de cacao sera conduite sans usage de produits phytosanitaires.

Dans le but de protéger les cacaoyers d'un risque de glissement de terrain ou d'élévation des eaux, une bande non cultivée sera laissée en bordure de la rivière, prévenant ainsi tout risque de non-conformité en cas de contrôle.

En ce qui concerne les parcelles Hugo 1 et 2, et selon le PLU de Saint Joseph, elles sont respectivement classées en zone A1 et A1/U4.

La parcelle Hugo 1 étant située en zone A1, dite zone agricole, il n'existe pas de conditions particulières pour l'usage qui en sera fait.

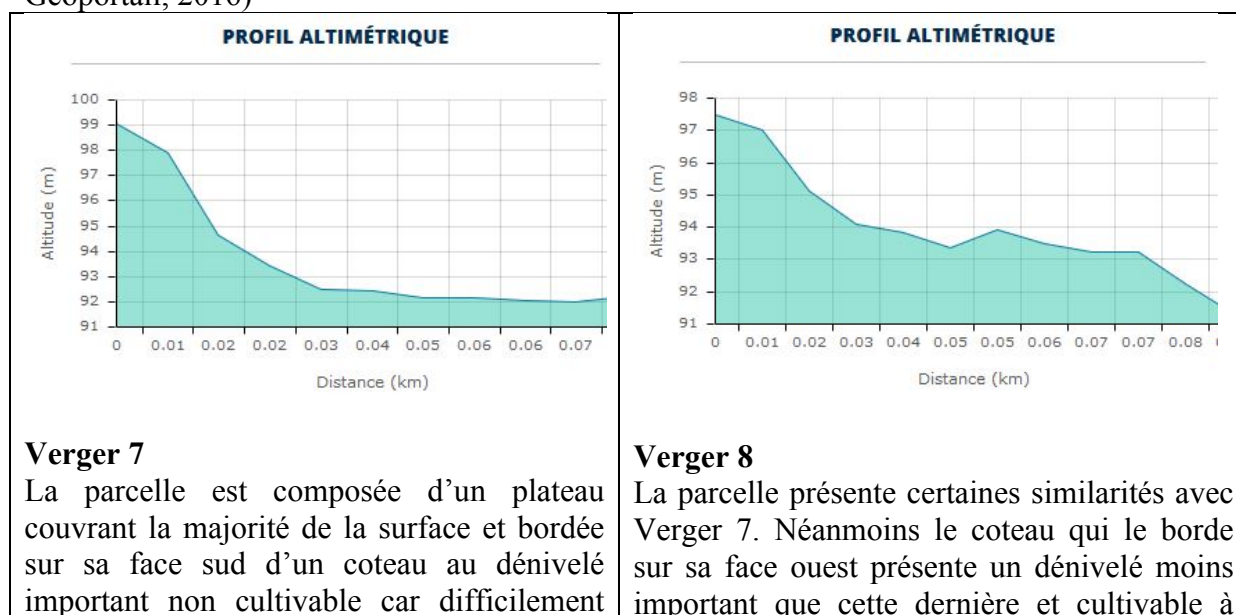
Hugo 2, régie par les articles A1 et U4, a un statut particulier. En effet, la moitié de la parcelle étant située en zone agricole, elle possède les mêmes contraintes que la parcelle Hugo 1. L'autre moitié, U4, est considérée comme une zone rurale ayant vocation à recevoir un habitat individuel de faible densité. Toutefois, bien qu'elle n'ait pas pour vocation première l'agriculture, cette activité n'est pas pour autant proscrite. La seule contrainte notable, est l'interdiction de modifier drastiquement la topographie de la parcelle. En effet seules les affouillements et exhaussements du sol sont soumises aux mesures du PLU. Dans notre cas, les parcelles ayant déjà un antécédent agricole, elles ont déjà subi un aménagement de terrain. Seules les voies d'accès sont à réaménager, dans la limite autorisée.

Les parcelles soumises à l'étude ne connaissent donc pas de fortes contraintes dans le cadre d'implantation de cacaoyères et dans le boisement de celles-ci.

5. Topographie

Les parcelles sélectionnées pour l'étude possèdent des profils hétérogènes de par leur composition, leur localisation, mais aussi de par leur topographie, comme présenté dans le tableau ci-dessous résumant les différents profils altimétriques des parcelles.

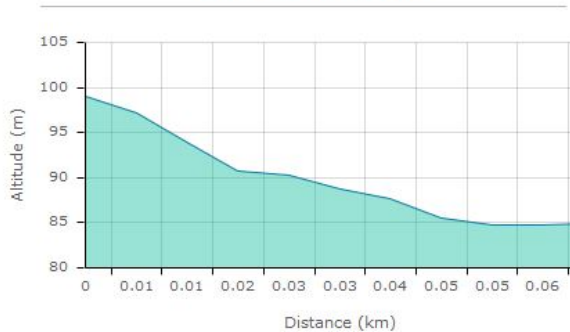
Tableau 3. Profils altimétriques des parcelles sélectionnées pour l'étude. (Source : Géoportail, 2016)



accessible.

certaines endroits épars. Elle possède un léger dénivelé quasi-constant présentant des élévations de niveau dans certaines zones. De ce fait, l'eau qui ruisselle pourrait se stocker dans ces élévations.

PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Hugo 1

La parcelle est composée d'un dénivelé modéré, voire léger, sur une majorité de la parcelle. En revanche, elle possède un plateau sur sa partie inférieure. Les stabilisations de niveau observées sont dues aux voies d'accès aménagées antérieurement.

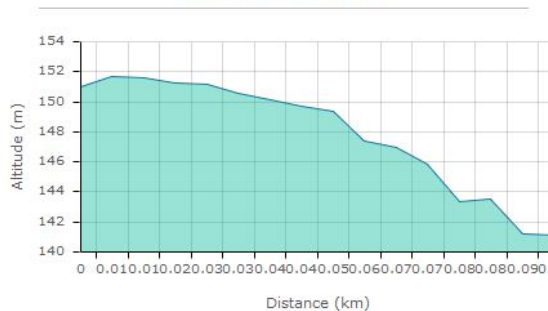
PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Hugo 2

La parcelle possède un dénivelé sur toute sa surface. Néanmoins des terrasses, possédant un léger dénivelé, segmentent la parcelle dans son ensemble.

PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Coulon 9

Coulon 9 est une parcelle qui présente une pente légère couvrant la moitié de sa surface environ, avec une pente plus forte sur le bas de la parcelle. Néanmoins, l'ensemble de la parcelle est cultivable et mécanisable.

5.1. Analyses de sol

Suite à l'étude de la connaissance des parcelles par le biais de la localisation, de la visite de chacune des parcelles, de l'étude de la topographie et de la composition à priori (certaines parcelles étant difficilement accessibles au début de l'étude), il était nécessaire de réaliser les études de sol afin de connaître le potentiel de chacune des parcelles et envisager un remodelage des paramètres en fonction des données optimales fournies par la bibliographie (tableau 4).

Au regard du prix élevé des analyses de sol et des potentielles rémanences des données de parcelles situées au sein des mêmes lots, il a été décidé de ne réaliser qu'une seule analyse de sol par lot de parcelles situées dans un espace géographique proche. Ainsi, ont été analysées les parcelles Coulon 9, Verger 8 et Hugo 2.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques optimales d'un sol pour la culture du cacaoyer dans des conditions optimales de pluviométrie.

Tableau 4. Caractéristiques optimales d'un sol pour le cacaoyer. (Source : Mossu, 1992 ; Hornus et Snoeck, 2010)

| Caractéristiques | Valeurs |
|------------------------------|--|
| Profondeur | 1-2m |
| Texture | Sablo-argileuse |
| pH | 5-8 (optimum à 6,5) |
| Matière organique (0-20 cm) | >3,5% |
| N total / P total | 1,5 |
| Teneur en P assimilable | $P \cong 180\text{ppm}$, $P_2O_5 \cong 0,229\%$ |
| Teneur en bases échangeables | $K\%=8\%$, $Ca\%=68\%$, $Mg\%=24\%$ |

Les prélèvements et analyses de sol ont été confiés à l'entreprise SCIC Martinique SAS. L'entreprise assure ainsi un prélèvement de 12 échantillons en croix par parcelle à une profondeur de 20 cm et couvrant toute la surface.

Les critères d'analyse demandés ont été les suivants : analyse granulométrique, taux de matière organique, taux en éléments majeurs, capacité d'échange cationique, bilan C/N, pH.

5.2. Description

Les résultats de l'analyse de sol sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 5. Résultats des analyses de sol de 3 parcelles. (Source : SCIC Martinique, 2016)

| Parcelle | Normes Optimum | COULON 9 | VERGER 7 | HUGO 2 | MOYENNE 2016 |
|--------------------------------------|----------------|----------|----------|--------|--------------|
| CEC METSON | | 34.2 | 21.3 | 15.8 | 23.77 |
| Taux de saturation | >50% | 42 | 68 | 64 | 58.00 |
| Aluminium échangeable en ppm | <50 | 4.5 | 5 | 12.8 | 7.43 |
| Matière Organique en % | >3% | 5.8 | 3.5 | 2.3 | 3.87 |
| Carbone | >1.4 | 3.4 | 2 | 1.3 | 2.23 |
| Azote Total | >0.15 | 0.39 | 0.19 | 0.14 | 0.24 |
| Ratio C/N | 9-11 | 8.6 | 10.7 | 9.6 | 9.63 |
| Indice d'activité biologique | >1.5 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.60 |
| pH eau | >5.8 | 6.5 | 6.3 | 5.7 | 6.17 |
| pH KCl | | 5.3 | 5.3 | 4.6 | 5.07 |
| CaO échangeable en ppm | 1400 | 2835 | 2321 | 1514 | 2223.33 |
| Ca échangeable en meq/100g | 4-5 | 10.13 | 8.29 | 5.41 | 7.94 |
| K ₂ O échangeable en ppm | 705 | 445 | 728 | 696 | 623.00 |
| K échangeable en meq/100g | 1-1.5 | 0.95 | 1.55 | 1.48 | 1.33 |
| MgO échangeable en ppm | 300 | 604 | 878 | 620 | 700.67 |
| Mg échangeable en meq/100g | 1.5-2 | 3.02 | 4.39 | 3.10 | 3.50 |
| P ₂ O ₅ Olsen | 100 | 15 | 14 | 18 | 15.60 |
| Na ₂ O échangeable en ppm | 368 | 96 | 60 | 59 | 71.77 |
| ZnEDTA | | 40.2 | 4.3 | 1 | 15.17 |
| MnEDTA | | 19.1 | 102.4 | 29.6 | 50.37 |
| CuEDTA | | 9.1 | 8.2 | 6.9 | 8.07 |
| FeEDTA | | 200 | 120.6 | 90 | 136.87 |
| Bore | | 0.13 | 0.28 | 0.21 | 0.21 |
| SBE sol | | 14 | 14 | 10 | 12.77 |
| K/SBE Sol | 15 | 7 | 11 | 15 | 10 |
| Ca/SBE Sol | 60 | 72 | 58 | 54 | 62 |
| Mg/SBE Sol | 25 | 21 | 31 | 31 | 27 |

Tableau 6. Résultat de l'analyse de la granulométrie à 5 fractions. (Source : SCIC Martinique, 2016)

| Parcelle | Argile | Limons fins | Limons grossiers | Sables fins | Sables grossiers |
|----------|--------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| COULON 9 | 21.8 | 13.8 | 28.7 | 13.1 | 16.7 |
| VERGER 7 | 29.4 | 13.8 | 15.4 | 13.9 | 23.8 |
| HUGO 2 | 51.8 | 18.4 | 11.9 | 7.6 | 7.8 |

Des résultats de l'analyse de sol et au regard des teneurs optimales présentées dans le tableau 5, nous pouvons constater :

- **Un taux de Matières Organiques variable** mais bon dans l'ensemble, seule la parcelle Hugo 2 est en dessous du seuil de 3,5%

- **Un pH à tendance acide** mais globalement inscrit dans l'intervalle 5-8, seule la parcelle Hugo 2 fait exception avec un pH légèrement plus faible
- **Un taux de phosphore quasi inexistant**, expliqué par l'inexistence de précédents culturaux fertilisés sur les parcelles
- **Des ratios de bases échangeables approchant les optimums**, avec un manque en Ca échangeable de 10 points pour les parcelles Verger 7 et Hugo 2

Les résultats fournis par l'analyse de la granulométrie à 5 fractions (Tableau 6) montrent que les deux parcelles Coulon 9 et Verger 7 peuvent être classées en sol limono-argilo-sableux. Elles se rapprochent ainsi de l'optimum d'une texture Sablo-argileuse (CIRAD, 2010) Bien que la parcelle Coulon 9 d'un état limono-sablo-argileux. La parcelle Hugo 2 est quant à elle à dominante argileuse.

5.3. Recommandations

Le taux de phosphate assimilable bien qu'il soit trop bas et qu'il soit une composante essentielle dans le bon développement du cacaoyer et qu'une correction par chaulage pourrait améliorer le pH, les plants se sont bien développés lors de la phase pépinière dans la terre de Verger 8 et ne semblent pas présenter de carences visibles importantes.

On conseille donc d'implanter les cacaoyers sans apport, ni à la plantation ni en amont, et d'apporter des mesures correctives en réponse aux carences constatées.

6. Trois systèmes répondant aux contraintes du milieu

Face à la diversité de composition des parcelles à l'étude, comme présenté ci-avant, différents systèmes adaptés ont été conçus.

Il a été décidé d'implanter sur certaines parcelles (Hugo 1, Hugo 2 et Coulon 9), ne disposant en l'état actuel d'aucun ou de peu de zones d'ombrage, des arbres d'ombrages puis, dans une seconde phase, la culture principale que représentent les cacaoyers. En plus de l'implantation de l'ombrage définitif, il importe d'installer des haies brise-vent sur les parcelles Hugo 1 et 2 car elles sont fortement exposées et ne bénéficient, en l'état actuel, d'aucune protection à l'inverse de Coulon 9 qui dispose de hauts arbres fruitiers et autres en bordure de parcelle.

Sur les parcelles disposant d'office d'un ombrage important (Verger 7 et Verger 8), il n'est pas nécessaire d'implanter des arbres d'ombrage en amont de la plantation des cacaoyers. En revanche, certaines zones au sein de ces parcelles ne disposant pas d'un ombrage assez conséquent, il convient d'implanter des arbres ou plantes d'ombrage temporaires et définitifs, et ce en parallèle de l'implantation des cacaoyers sur les parcelles afin de ne pas complexifier les opérations techniques.

Bien qu'il ait été envisagé dans un premier temps de créer des systèmes permettant une valeur ajoutée en terme de revenu, par la plantation d'arbres fruitiers par exemple, et qui puisse être productifs en continu, il a été privilégié par le commanditaire le choix de mettre en place un système minimisant le temps de travail. C'est pourquoi, bien qu'ayant été étudiés, les arbres fruitiers ou les arbres ayant une production forestière non-ligneuse (ou PFNL, représentant l'ensemble des produits d'origine biologique issus des espaces forestiers autre que le bois) ont été supprimés des systèmes potentiels.

Ne restent ainsi que les espèces à croissance rapide, au houppier large avec un fort potentiel d'ombrage et une hauteur suffisante pour constituer la strate supérieure des systèmes.

Quel que soit le système, et selon les exigences du commanditaire de l'étude, il n'aura pas pour but de fournir des produits issus de cultures vivrières et n'aura pas comme but premier la rentabilité directe. Il n'est donc pas important de créer des systèmes qui puissent fournir une rente régulière dans le but de combler les périodes creuses de la production de cacao.

Trois systèmes différents, répondant à des besoins spécifiques, seront donc mis en place.

6.1. Système 1 : cacaoyère sous ombrage naturel (Verger 7 et 8)

6.1.1. Objectif du système

Quand l'objectif de production rencontre celui du marketing (Verger 7 et 8)

Les parcelles Verger 7 et 8, en plus de leur but productif seront, à terme, des parcelles de présentation destinées à l'agrotourisme. C'est pourquoi, il est nécessaire de ne pas supprimer le caractère « naturel » des parcelles en réalisant une défriche importante. L'esthétisme et le caractère pratiques sont deux facteurs importants à prendre en compte dans la création du système. Un système simple, visible et composé avec l'existant au maximum sauvegardé est donc de mise.

6.1.2. Contraintes

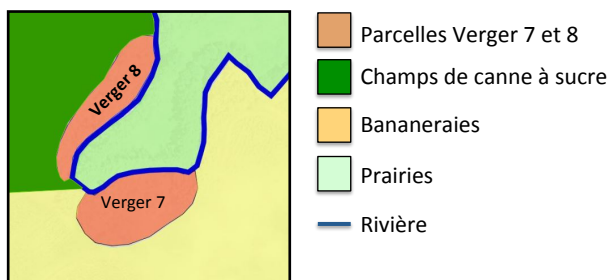


Figure 2. Carte schématique de l'environnement des parcelles Verger 7 et 8.

Comme présenté précédemment, les parcelles qui composent le système 1, ici représentées en orange, sont principalement faites d'une végétation dense incluant une strate inférieure très variée ainsi qu'une strate supérieure composée essentiellement de cocotiers et de bois canon. Elles ne présentent pas de précédent cultural connu.



Figure 3. La végétation dense prolifère sous les cocotiers.

Les parcelles Verger 7 et Verger 8, situées près de la rivière La Lézarde, sont entourées majoritairement de champs de cannes à sucre et de bananeraies. Ces champs présentent un dénivelé régulier orienté vers la rivière et par conséquent vers les parcelles Verger 7 et Verger 8. Les rotations, 7 ans pour la banane et 4 ans pour la canne, induisent que les parcelles aux alentours adopteront l'une ou l'autre des cultures durant une partie importante de la vie du système à mettre en place. Sur la Plantation Saint Etienne les cultures principales sont conduites de deux façons : 1) De façon intensive en ce qui concerne la Canne 2) De façon raisonnée pour la banane. La position des parcelles Verger 7 et Verger 8 implique par

conséquent qu'elles recevront les eaux de ruissellement. Elles pourront donc être contaminées par les intrants des parcelles avoisinantes.

De l'autre côté de la rivière, après une forte pente, sont situés des pâturages extensifs sans gêne particulière pour les parcelles Verger 7 et 8.

Traversant de nombreuses parcelles cultivées en amont de la Plantation Saint Etienne, l'eau de la rivière peut entraîner dans son sillage de nombreux composés dont résidus d'intrants. Lors des périodes de fortes pluies, la rivière, bien qu'en crue, n'inonde théoriquement pas les parcelles.

6.1.3. Choix des associations

Lors d'une installation de cacaoyère en zone forestière, il est conseillé de réaliser un déboisement total de la parcelle et d'instaurer un ombrage maîtrisé (MOSSU, 1990). Pour ce système, et comme précisé précédemment, nous faisons le choix de ne pas dénaturer la parcelle en supprimant totalement les essences qui la composent.

Les espèces retenues sont donc :

- Cacaoyer (*Theobroma cacao*), la culture principale et seule destinée à devenir génératrice de revenu
- Cocotier (*Cocos nucifera*), déjà présent sur les parcelles et fournissant un ombrage important
- Bois canon (*Cecropia peltata*), arbre traditionnel de la culture martiniquaise, le commanditaire a souhaité préserver quelques individus au sein des parcelles, malgré le fait que cet arbre soit fragile et cassant en cas de vents violents. Il ne sera donc conservé que dans la mesure du possible, de façon éparse et ne sera donc pas pris en compte dans le calcul de la densité du fait nombre restreint d'individus à l'hectare
- Petit mouron (*Drymaria cordata*), plante locale pérenne et répandue qui fera office de plante de couverture et permettra un contrôle de l'enherbement et des adventices

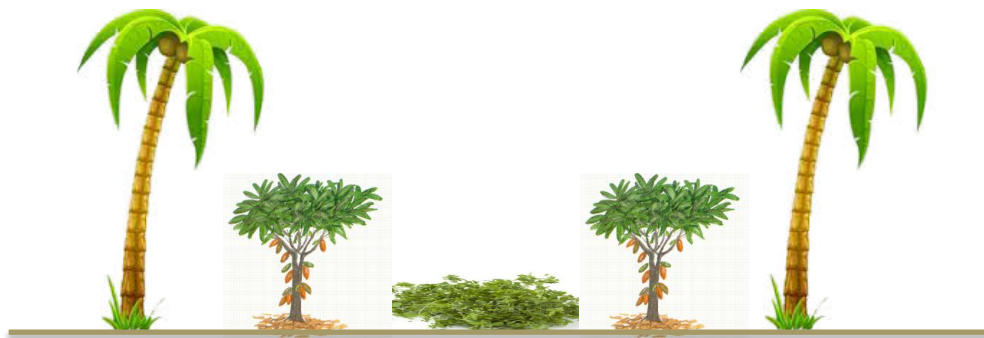


Figure 4. Représentation de l'association du système 1 et de la composition des différentes strates.

Cacaoyer/cocotier, une association sans concurrence directe

L'association des cacaoyers avec des cocotiers est une association déjà constatée en Inde et en Asie (Hallé, 1986 ; Nair, 1979 et Mossu, 1990) et ne crée une concurrence potentielle que limitée de par leurs structures racinaires respectives (Hallé, 1986 et Nair, 1979), comme nous pouvons le constater dans la figure ci-après :

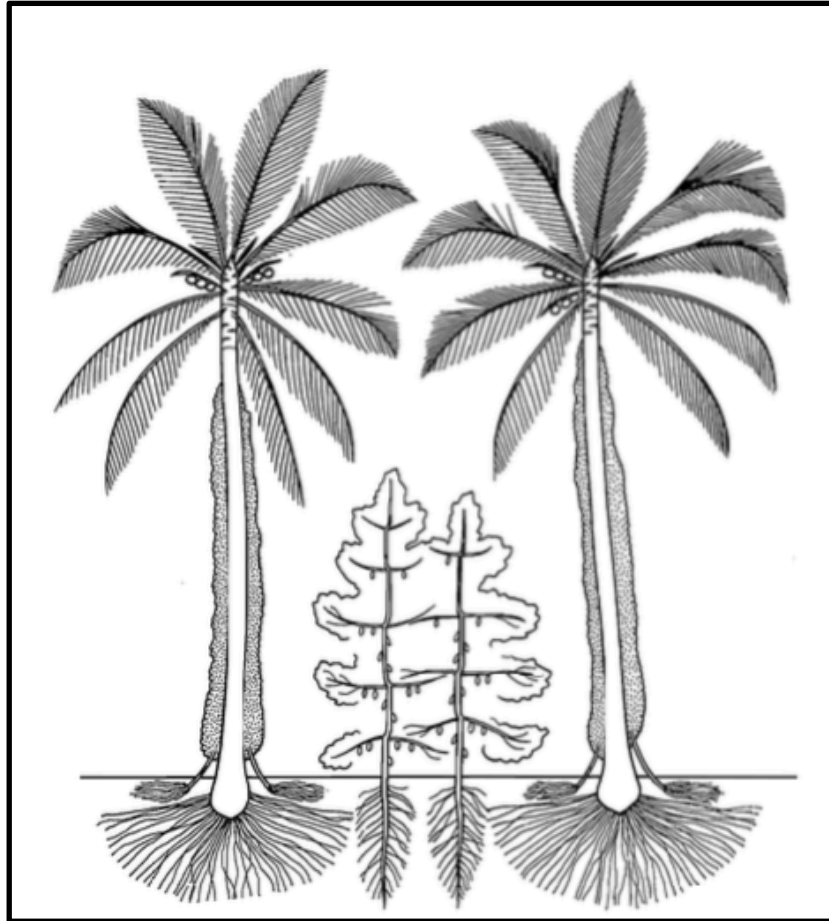


Figure 5. Dans ce système, les encombrements racinaires et aériens des cocotiers, cacaoyers et poivriers n'entrent pas en concurrence. (Source : Nair, 1979)

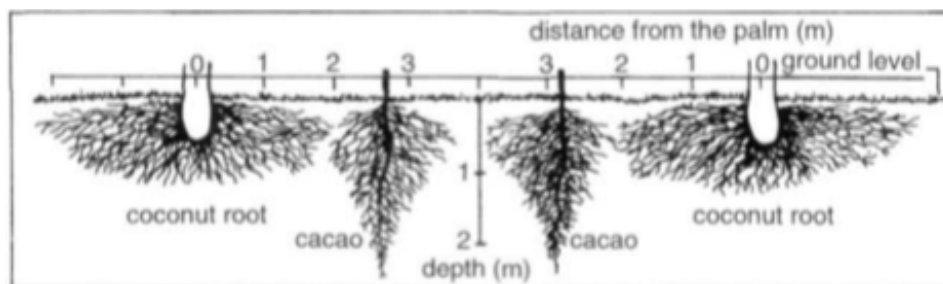


Figure 6. Les systèmes racinaires du cacaoyer et du cocotier n'entrent pas en concurrence directe du fait des structures qui diffèrent et de la prospection d'horizons différents (Source : Nair, 1979)

En effet, le système racinaire du cacaoyer, caractérisé par un enracinement pivotant, à contrario du cocotier qui possède quant à lui un système fasciculé, se développe entre les lignes du cocotier. De plus, la hauteur moins importante du cacaoyer lui permet d'exploiter l'espace aérien sous le houppier du cocotier (Hallé, 1986). Un cacaoyer, positionné à 3m d'un cocotier n'entrera donc pas en concurrence directe avec celui-ci.

La plante de couverture, un moyen de limiter les adventices

Le rôle de la plante de couverture est de limiter le développement des adventices en recouvrant la surface au sol, limitant ainsi la germination. Elle permet de réduire les coûts liés

au désherbage mécanique de la parcelle et contribue à la qualité esthétique de la parcelle (Dounias, 2001).

Le Petit mouron est une plante qui a la particularité de se développer tant dans un milieu ensoleillé qu'ombragé, c'est pourquoi elle est couramment utilisée dans les vergers et bananeraies. Du fait du développement long du Petit mouron, puisque qu'il colonise le milieu dans un laps de temps de 3 mois si les conditions pédoclimatiques sont optimales, il est impératif de l'assister via le désherbage manuel ou mécanique afin de limiter la concurrence potentielle par les adventices (Dambas et al., 2015). Il est mis en place (par semis ou par plaque) à la suite de la plantation.

A terme, même s'il n'a pas été fait le choix de l'insérer dans le système proposé du fait de la présence actuelle de lianes sur une partie des cocotiers présents, le poivre pourra être intégré au système tel que présenté précédemment (Figure 5).

6.1.4. Modélisation conceptuelle

Au sein du système constitué, les composantes sont les suivantes :

Tableau 7. Détail des composantes du système 1 et de leurs variables d'état.

| COMPOSANTES | VARIABLES D'ETAT | DEFINITIONS |
|---------------------|-------------------------|---|
| CACAOYER | Biomasse du cacao (Bca) | Biomasse des cabosses à la récolte |
| | Surface foliaire (SFca) | Surface totale des feuilles du cacaoyer |
| | Enracinement | Longueur et structure racinaire du cacaoyer |
| | Taille des fruits | Taille des cabosses à la récolte |
| | Arôme | Teneur et composition chimique des composés aromatiques du cacao marchand |
| COCOTIER | Surface foliaire (SFco) | Surface totale des feuilles du Cocotier |
| | Enracinement | Longueur et système racinaire du Cocotier |
| BOIS CANON | Surface foliaire (SFbc) | Surface totale couverte par les feuilles du Bois canon |
| | Enracinement | Longueur et structure du système racinaire |
| PETIT MOURON | Surface foliaire (SFpm) | Surface totale couverte par les feuilles du Petit mouron |
| SOL | NPK sol | Teneur en azote, phosphore, et potassium dans le sol |
| | N minéral | Teneur en azote minéral dans le sol |

| | | |
|--|------------|------------------------------------|
| | Eau sol | Potentiel hydrique du sol |
| | Adventices | Taux de germination des adventices |

Les variables d'entrée sont :

Tableau 8. Détail des variables d'entrée du système 1.

| VARIABLES D'ENTREE | DEFINITIONS |
|-----------------------------|--|
| Lumière (PARi) | Quantité de rayonnement intercepté par les plantes |
| Eau | Quantité d'eau apportée par pluviométrie |
| Bananeraies / Cannes | Contamination potentielle des espèces en présences dans le système par des produits phytosanitaires épandus sur les parcelles voisines |
| Amendement | Quantité de NPK apportée |

Les variables de sortie sont :

Tableau 9. Détail des variables de sortie du système 1.

| VARIABLES DE SORTIE | DEFINITIONS |
|-----------------------------|--|
| Rdt Cacao | Nombre, taille et poids des cabosses à la récolte |
| Qualité | Qualité de la production de cacao potentiellement impactée par le système en place |
| Aménagement paysager | Valorisation des parcelles par l'agrotourisme |
| Environnement | Préservation de l'environnement et de la fertilité des sols |

- Relations : Variables d'entrées - Composantes

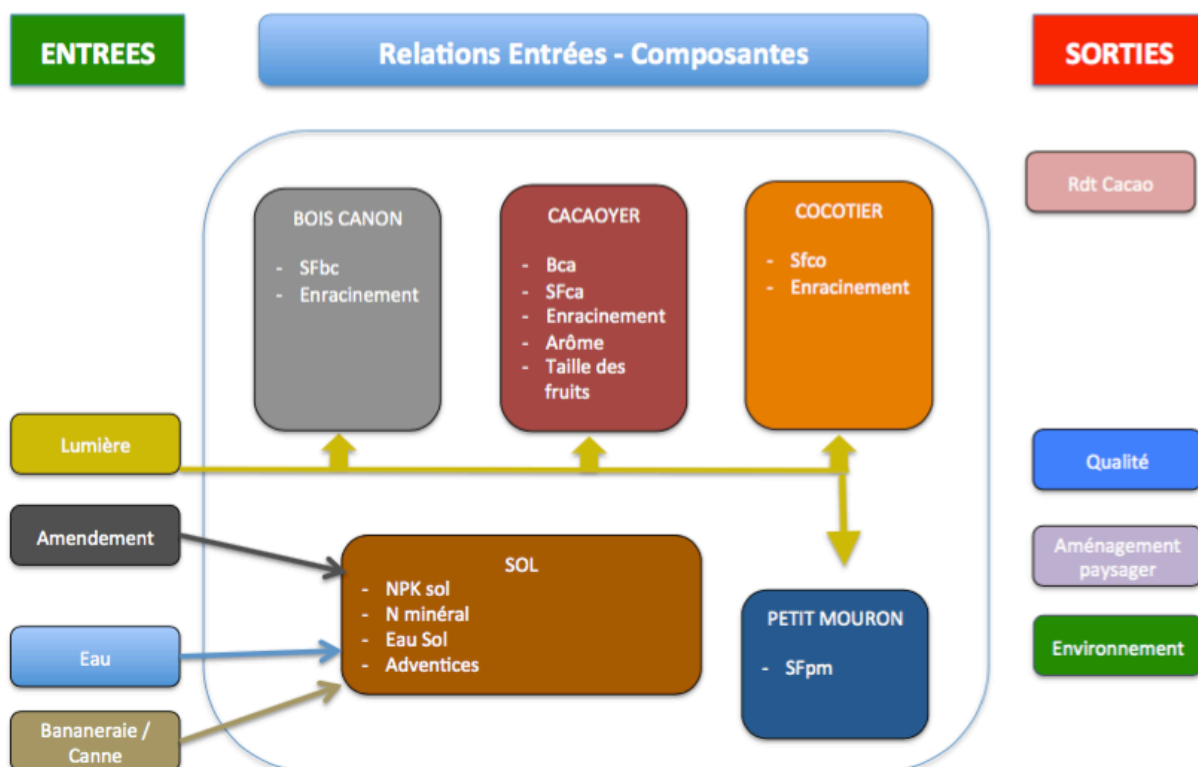


Figure 7. Modélisation conceptuelle des interactions du système 1 entre les variables d'entrées et les composantes.

La lumière a un effet sur l'ensemble des espèces cultivées - sur les variables de Biomasse, de surface foliaire, d'enracinement et sur la taille des fruits - et est nécessaire à leur bon développement. Elle ne doit être ni en excès ni en insuffisance, sous peine d'impacter négativement les espèces cultivées.

L'eau issue de la pluviométrie et du ruissellement, engendré par la position géographique des parcelles, a un effet sur le sol car elle va augmenter le potentiel hydrique de celui-ci.

Les bananeraies entourant les parcelles du système peuvent avoir un effet sur le sol de par la quantité et le type de produits phytosanitaires et engrais épandus qui peuvent ruisseler ou se lessiver dans les parcelles du système. Cela peut modifier la quantité de NPK présente dans le sol ou apporter des composés non désirés.

L'amendement, constitué essentiellement de la matière organique laissée au sol, aura un effet sur la composition (quantité de NPK présente) du sol

- Relations Composantes – Composantes

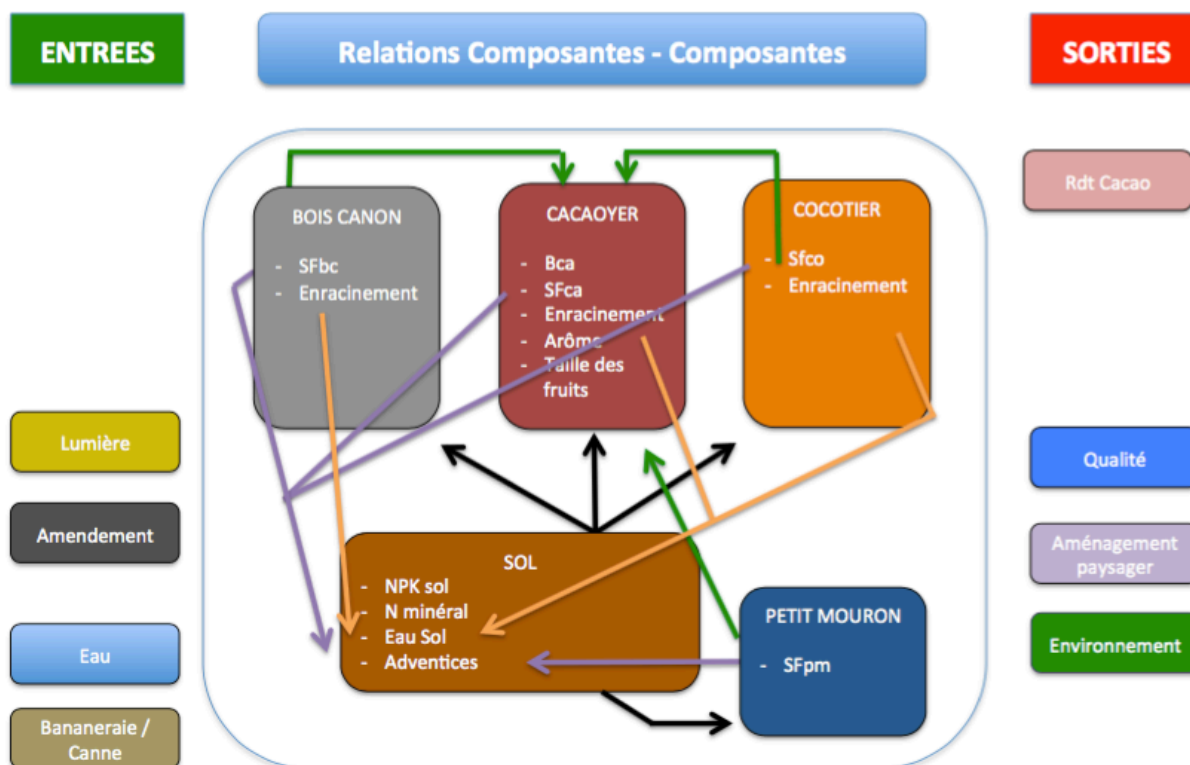


Figure 8. Modélisation conceptuelle des interactions du système 1 entre les composantes.

Les surfaces foliaires du Cacaoyer (SFca), du Cocotier (SFco), du Bois Canon (SFbc) et du Petit Mouron (SFpm) auront un impact sur le développement des adventices. Si ces surfaces foliaires sont assez grandes, la lumière ne sera pas suffisante pour un bon développement d'adventices.

Les surfaces foliaires du Cocotier (SFco) et du Bois Canon (SFbc) auront un effet sur le développement du Cacaoyer comprenant l'ensemble de ses variables d'état étant donné que le Cacaoyer a besoin d'un certain ombrage pour son bon développement.

Les variables d'enracinement des espèces cultivées, auront un impact sur la variable d'eau du sol. En effet, elles vont modifier la structure du sol et par conséquent le potentiel hydrique de celui-ci. Elles auront donc une action favorisant le drainage de l'eau du sol.

Les variables N minéral, NPK sol et Eau sol auront une influence positive sur l'ensemble des espèces cultivées. Elles sont toutes trois nécessaires au bon développement des espèces cultivées et influencent positivement les variables d'état Biomasse, Enracinement, Surface foliaire, et Taille des fruits.

La composante Sol pourra avoir un effet sur la variable Arôme du Cacao grâce à l'effet terroir encore non prouvé à ce stade, mais qui pourra être utilisé d'un point de vue marketing.

- Relations Composantes – Variables de sorties

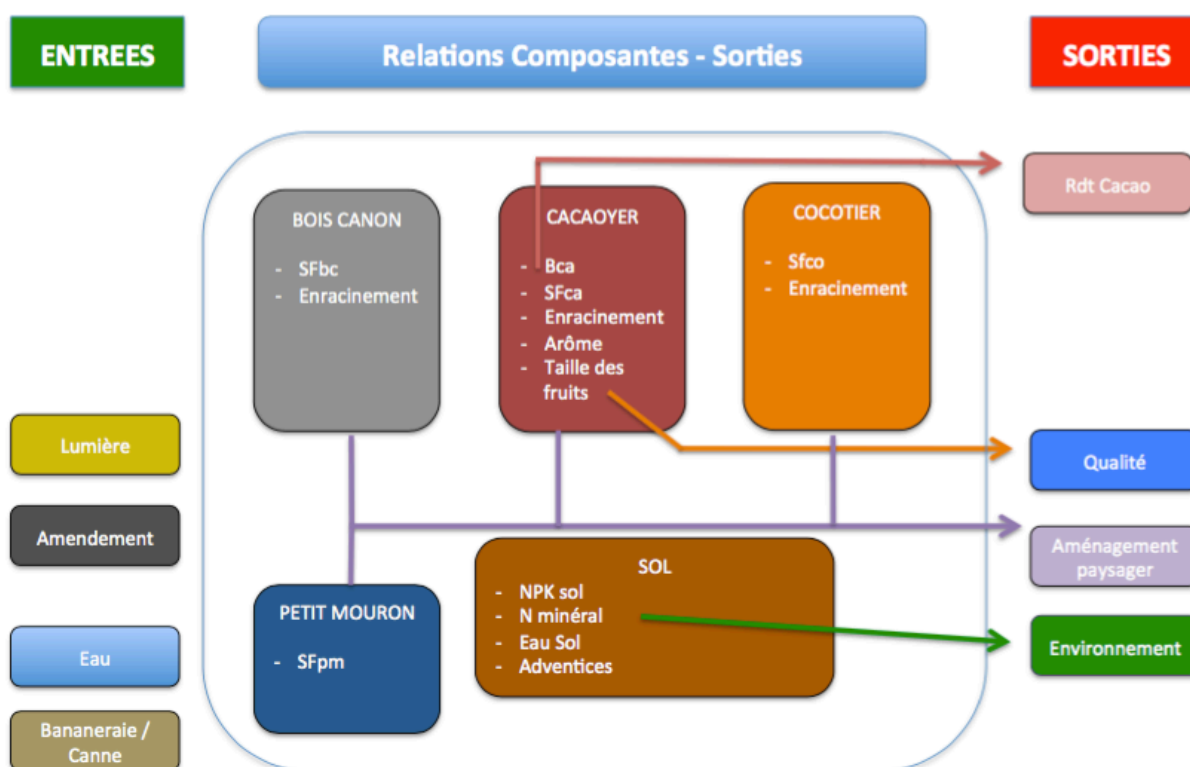


Figure 9. Modélisation conceptuelle des interactions du système 1 entre les composantes et les variables de sortie.

La variable de Biomasse du cacao (Bca) a un effet sur la variable de rendement du Cacao. Une concurrence est possible inter-espèces ce qui pourrait affecter la biomasse du cacao et par conséquent le rendement.

La variable Taille des fruits de la composante Cacaoyer aura un effet sur la variable Qualité.

L'ensemble des composantes a un effet positif sur la variable d'aménagement paysager. En effet, c'est tout le système qui pourra être mis en avant au niveau touristique et contribuera à l'image de l'entreprise.

Le Sol, par sa variable N minéral, aura un effet positif sur l'environnement en améliorant la fertilité des sols à long terme, ce qui aura comme effet positif sur les interactions entre le sol et les autres composantes.

6.1.5. Calcul de la densité

Pour le cacaoyer, différentes densités de plantation sont possibles et correspondent aux conditions pédologiques et climatiques du lieu de plantation. En effet, selon Mossu (1990) dans le cas d'un sol pauvre ou d'une pluviométrie insuffisante, il est conseillé de planter à forte densité à raison de 1333 pieds/ha et jusqu'à 1666 pieds/ha en fonction de la gravité de la situation. Dans une situation plus favorable, où la pluviométrie est suffisante et la qualité des sols proche des optimums pour le cacaoyer, c'est la densité de 952 cacaoyer/ha soit un espacement de 3x3,5m qui est préconisée, comme présenté dans le tableau 10.

Tableau 10. Densités recommandées en fonction des conditions de culture. (Source : Deheuvels, 2011. D'après : Wright, 1999 ; Mossu (1992 ; 1990) ; Braudeau, 1969)

| Densité (Cacaoyers ha ⁻¹) | Espacement (Mètres) | Conditions de culture |
|--|------------------------|--|
| 952 | 3,0 x 3,5 | Bons sols avec fortes pluviométries |
| 1 666 | 3,0 x 2,0 | Pluviométrie < 1 500 mm/an |
| 1 600 à 2 000 | 2,0 x 2,5 | Sols fortement dessaturés, sans apport de fumure minérale |
| > 5 000 | 1,5 x 1,5 1,0 x 1,5 | Super intensives : plein soleil, fumure minérale et organique, traitements phytosanitaires |

Dans notre cas, au vu du grand nombre de variables notamment climatiques et bien que les caractéristiques des sols se rapprochent globalement des optimums, nous faisons le choix de ne pas respecter strictement les recommandations. Ceci dans le but de ne pas créer de risques trop importants du fait d'une insuffisance de densité. Ainsi, nous avons défini une densité intermédiaire entre les densités les plus minimales (952 et 1666 cacaoyers/ha), correspondant à 1111 cacaoyer/ha soit un écartement de 3x3m.

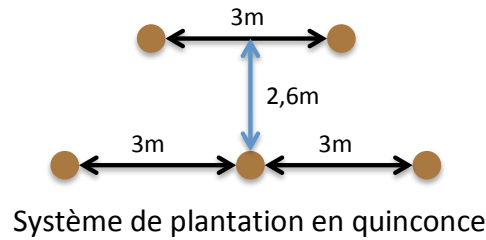
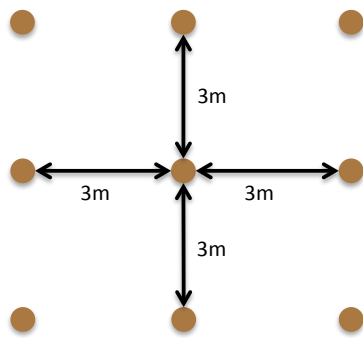
En ce qui concerne la plante de couverture, son installation se présente sous la forme de plaques d'1m² environ pour une densité conseillée de 400 plaques/ha (Dambas et al., 2015).

Tableau 11. Densités préconisées pour le système 1 (Source : d'après Mossu, 1990 ; Nair, 1979 ; Hallé, 1986 ; Dambas et al, 2015)

| Nom de la parcelle | Superficie (m ²) | Essence ou plante | Ecartement (Mètre) | Densité/ha | Densité/surface réelle |
|--------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|-------------|------------------------|
| Verger 7 | 2777 | Cacaoyer | 3x3 | 1111 | 308 |
| | | Cocotier | 9x9 | 123 | 34 |
| | | Petit Mouron | - | 400 plaques | 111 plaques |
| | | | | | |
| Verger 8 | 5122 | Cacaoyer | 3x3 | 1111 | 569 |
| | | Cocotier | 9x9 | 123 | 63 |
| | | Petit Mouron | - | 400 plaques | 205 plaques |
| | | | | | |

6.1.6. Répartition spatiale

L'organisation spatiale peut être conduite de deux façons, la plantation en ligne (induisant une facilité dans l'implantation et dans l'aménagement de la parcelle) ou la plantation en quinconce (priviliégiant d'avantage la densité).



Système de plantation en ligne

● Cacaoyer

Figure 10. Types d'organisation spatiale potentielle pour la plantation des cacaoyers.

Du fait du choix de préserver un grand nombre d'arbres au sein des parcelles, il faudrait théoriquement privilégier une organisation en quinconce afin d'assurer un rendement conséquent. Toutefois, vu la forme complexe des parcelles composant le système, c'est une organisation en ligne qui a été choisie car elle permet de faciliter la mécanisation de la parcelle à terme, pour les futures opérations d'entretien et de récolte. Le positionnement des cacaoyers devra tout de même s'adapter à la configuration des arbres d'ombrage déjà présents. Il faudra donc les placer en fonction de l'espace disponible en respectant, autant que faire se peut, l'écartement entre de 3m entre les plants de cacaoyers et les arbres d'ombrage de même qu'entre les plants de cacaoyer eux même.

Des lignes seront donc tirées afin de faciliter le positionnement des futurs plants. Les lignes de plantation seront positionnées en direction de la rivière, en suivant la pente, afin de limiter la potentielle stagnation de l'eau de ruissellement et faciliter l'implantation des cacaoyers. De plus, la forme de la parcelle ne permet pas une plantation dans le sens de la longueur.

6.1.7. Aménagement des parcelles

En amont de la préparation de la parcelle, l'aménagement des voies d'accès est primordial pour faciliter l'entrée dans les parcelles. Verger 7 ne souffre pas d'un fort dénivelé au niveau de l'entrée dans la parcelle, contrairement à Verger 8. La parcelle Verger 8 doit donc subir de lourds aménagements afin d'en faciliter l'accès et permettre aux engins agricoles et personnels de pouvoir circuler en sécurité.

Comme nous avons pu le voir à l'aide des profils altimétriques, les deux parcelles présentent un plateau sur une importante superficie. De plus, elles sont toutes les deux bordées de coteaux permettant à l'eau de ruisseler au sein de la parcelle. Il est donc primordial de créer des canaux de drainage afin d'éviter la stagnation des eaux de ruissellement qui pourraient entraîner le développement de maladies fongiques, par exemple.

Dans le cas de la Plantation Saint Etienne, l'objectif étant une plantation rapide sous un ombrage naturel dans le but d'impacter à minima l'écologie de la parcelle, il ne convient pas de supprimer la totalité de l'espace forestier. Un abattage contrôlé et raisonné a donc été effectué sur les parcelles boisées. Ainsi, le choix des arbres à préserver sur la parcelle s'est basé sur plusieurs critères :

- La **taille du houppier**, voulu large dans le but d'apporter un ombrage important

- Le **diamètre du tronc**, nécessairement supérieur à 15cm afin de ne pas sauvegarder que les arbres bien développés
- Le **système racinaire**, qui se doit d'être bien développé et profond afin d'apporter à l'arbre un bon ancrage lui permettant de résister à des vents forts et de ne pas entrer en concurrence avec le cacaoyer
- La **hauteur de l'arbre**, supérieure à 10m afin de composer une strate supérieure ne gênant pas le développement du cacaoyer

La densité préconisée d'arbres d'ombrage se situe entre 30 et 50 arbres/ha. Dans le cas d'étude, la densité est largement supérieure car elle correspond à une volonté de préserver les qualités esthétiques de la parcelle (correspondant à l'objectif d'ouverture de la parcelle à l'agrotourisme) et de sauvegarder un ombrage de plus de 50% sur l'ensemble de la parcelle.

En prélude, l'abattage des arbres ne correspondant pas aux critères de sauvegarde, il est nécessaire de débarrasser la parcelle de la végétation composant la strate inférieure. Bien que le défrichage mécanique ne soit pas préconisé (du fait du tassement du sol engendré), c'est la solution choisie dans le cas de la Plantation Saint Etienne afin de répondre aux objectifs de plantation rapide. Afin de palier au tassement dû à l'action d'un travail mécanique, il a été décidé de réaliser une préparation superficielle du sol (10-15cm) à l'aide d'un outil à disque ou à dent.

6.1.8. Planning d'implantation

Etant donné les travaux importants de nettoyage de la strate inférieure et de défrichage réalisés dans le cadre de la préparation des parcelles, succèdera à l'implantation des cacaoyers la mise en place de la plante de couverture, le Petit mouron. En effet, l'implantation de la plante de couverture en parallèle de la plantation des cacaoyers pourrait ralentir le travail de transplantation et gêner le passage des engins agricoles utilisés pour la trouaison et l'acheminement des jeunes cacaoyers.

En raison de la date de démarrage de la pépinière en dehors des saisons idéales dédiées à cette activité, les périodes prévues dans le planning pour chaque activité ne reflètent pas nécessairement les périodes optimales de réalisation de celles-ci.

Tableau 12. Itinéraire technique du système 1 en année N de plantation.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PHASE DE PEPINIERE | | | | | | | | | | | | |
| AMENAGEMENT DE LA PARCELLE | | | | | | | | | | | | |
| PREPARATION DE LA PARCELLE | | | | | | | | | | | | |
| TROUAISON | | | | | | | | | | | | |
| PLANTATION (Cacaoyers + Petit mouron) | | | | | | | | | | | | |
| DESHERBAGE | | | | | | | | | | | | |

Tableau 13. Itinéraire technique du système 1 en année N+1.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| REPLACEMENT DES CACAOYERS DEFAILLANTS | | | | | | | | | | | | |
| DESHERBAGE | | | | | | | | | | | | |
| AMENDEMENT | | | | | | | | | | | | |

6.1.9. Rendement potentiel du système

Comme développé dans la méthodologie, nous admettons la valeur de référence de 3kg/cacaoyer/an de fèves fraîches pour un cacaoyer à maturité dans un système sans intrants. L'année N représente ici l'année d'implantation des cacaoyers.

Tableau 14. Rendement du système 1 au cours du temps.

| Année | N | N+1 | N+2 | N+3 | N+4 | N+5 | N+6 | N+7 |
|--------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|
| Rendement (kg de fèves) | 0 | 0 | 0 | 94 | 590 | 1417 | 1771 | 2 631 |

6.2. Système 2 : prairie bordée d'arbres (Coulon 9)

6.2.1. Objectif du système

Implantation d'arbres d'ombrages définitifs (Coulon 9)

Sur cette parcelle, l'objectif étant la production de cacao, il est primordial de respecter les densités préconisées et de favoriser la mise en place d'un ombrage définitif à croissance rapide afin d'instaurer le système rapidement, selon le souhait du commanditaire.

6.2.2. Contraintes

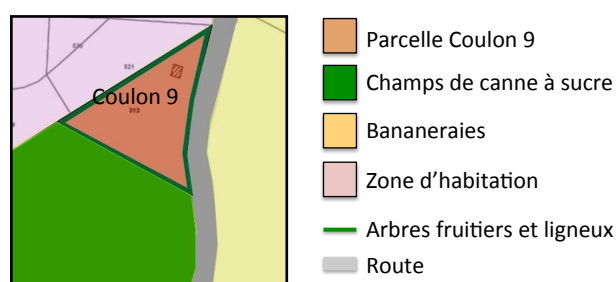


Figure 11. Carte schématique de l'environnement de la parcelle Coulon 9.



Figure 12. Les arbres fruitiers entourent la parcelle et créent une barrière naturelle.

A l'image du jardin créole, cette ancienne parcelle cultivée à titre personnel est composée d'une grande diversité d'espèces. En effet, elle est bordée sur chacun de ses côtés d'une multitude d'arbres fruitiers (Abricotier, Corossrolier, Manguier, Arbre à pain) de 15m de hauteur en moyenne et qui la protège des intempéries. Sur sa partie sud, la partie basse de nombreux et anciens bananiers sont présents.

La parcelle est bordée sur son côté Est d'une route nationale située en contre-bas de la parcelle. Sur sa partie Nord / Nord-Ouest une zone d'habitation. Sur sa partie sud, séparés par un chemin, sont présents des champs de canne au dénivelé orienté sud, n'ayant pas d'influence directe sur la parcelle.

Cette parcelle ne présente pas de réelles contraintes environnementales car protégée par de hauts arbres fruitiers positionnés en amont des champs de canne.

6.2.3. Choix des associations

Pour rendre l'implantation des cacaoyers plus rapide, il est préconisé dans la bibliographie d'installer un ombrage temporaire en parallèle de l'ombrage définitif. Cet ombrage temporaire est souvent à base de bananier plantain ou autre, planté à même densité que le cacaoyer (OIT, 2013), car non invasif et souvent éliminé par le jeune cacaoyer au bout de trois ans.

Le bananier en Martinique est attaqué par une maladie fongique, la cercosporiose, qui se dissémine par le vent (Mourichon, 1995). Les planteurs, et PSE également, luttent pour endiguer la prolifération de cette maladie. Dans notre cas, les parcelles exposées sont proches de bananeraies, ou les surplombent. Selon la charte des producteurs de Valcaco, il est interdit de traiter les cacaoyères et toutes les composantes du système à l'aide de produits phytosanitaires, les fongiques en faisant partie intégrante. En implantant des bananiers en ombrage temporaire, on prend le risque de disséminer la cercosporiose dans les bananeraies environnantes. Ce risque étant trop important et pouvant faire chuter la production de PSE, il a été décidé que la banane ne pourrait entrer dans les systèmes de cacao, sauf si les parcelles sélectionnées ne sont pas avoisinantes à des bananeraies, ce qui n'est pas le cas pour les parcelles de l'étude.

Pour assurer l'ombrage temporaire, nous utiliserons donc le *Gliricidia sepium*. Bien qu'il soit souvent utilisé en association avec le cacaoyer (OIT, 2013), le *Gliricidia* est un arbre dit cassant qui est déconseillé en association avec des cacaoyers dans des zones où le risque d'exposition à des vents violents est élevé (Bastide, 2016), le risque d'abimer la plantation des cacaoyers étant important. A contrario du pois d'angole qui est une légumineuse buissonnante invasive qui pourrait fournir un ombrage temporaire, *Gliricidia* présente la particularité d'être non invasif. C'est pourquoi nous avons choisi de l'utiliser en ombrage temporaire, limitant ainsi le risque de dégradation de la cacaoyère, car implanté dans le système pour une courte durée, sans ajouter de charges supplémentaires en main d'œuvre pour l'éliminer, en comparaison du pois d'angole.

Nous préconisons donc une implantation en deux étapes. La première afin d'installer l'ombrage temporaire et définitif à base d'espèces ligneuses à croissance rapide, puis l'installation des cacaoyers dans une seconde phase. Les temps dédiés à chaque phase seront développés dans le planning de mise en place du système.

Les espèces retenues pour le système 2 sont les suivantes :

- **Le Cacaoyer** (*Theobroma cacao*), culture principale du système
- **Le Moringa** (*Moringa oleifera*), qui, en plus de posséder des caractéristiques valorisables auprès du public, assurera l'ombrage définitif
- **Le Gliricidia** (*Gliricidia sepium*), légumineuse utilisée comme ombrage temporaire
- **La Crotalaire** (*Crotalaria juncea*), qui fera office de plante de couverture en amont de la seconde phase de plantation
- **Le Petit Mouron** (*Drymaria cordata*), qui sera la plante de couverture définitive afin de réaliser un enherbement contrôlé

Le Moringa, la légumineuse aux multiples vertus

Le Moringa, en plus d'être une légumineuse et de capter l'azote atmosphérique, est largement cultivée en zone tropicale (De Saint Sauveur et al. 2010) pour ses feuilles. Cet arbre, inclus dans le système, apporte une réelle valeur ajoutée à la parcelle. Si ces feuilles ne sont pas récoltées et conditionnées par PSE, elles serviront à effectuer un apport de matière organique constant au système. Cet arbre et sa culture, pourront également être valorisés auprès du public et contribuer à l'un des objectifs du commanditaire.

De plus, le Moringa présente des exigences climatiques similaires à celles du cacaoyer et se prête donc bien au milieu.

Une plante de couverture à cycle court pour enrichir le sol

La *Crotalaria juncea* est une plante de couverture annuelle fréquemment utilisée dans les bananeraies au niveau de la Martinique. Cette plante de couverture à l'avantage de fournir au sol un apport organique non négligeable si elle est fauchée avant floraison (Gervais, 2016). Durant sa durée de vie, d'en moyenne 6 mois, elle offre une floraison intervenant au cours du 4^{ème} mois après semis et une restitution de l'azote dans les 3 mois après la fauche. De plus, elle propose un bon contrôle des adventices, avec une capacité de recouvrement inférieur à 1,5 mois, à quoi s'ajoute la facilité d'élimination par roulage ou fauche et le prix, qui est le plus accessible chez les fournisseurs locaux parmi les plantes de couverture disponibles (Dambas et al., 2015). L'ensemble des caractéristiques qu'elle possède en fait donc une plante de couverture adaptée aux besoins de contrôle de l'enherbement et d'enrichissement de la parcelle pour la plantation des cacaoyers.

Le système, dans sa forme définitive (Figure 13), est donc composé d'une strate supérieure à base de Moringa pour l'ombrage, d'une strate inférieure constituée des cacaoyers et d'une strate inférieure basse que représente le Petit mouron.



Figure 13. Représentation des associations du système 2 et de la composition des différentes strates dans sa forme définitive.

6.2.4. Modélisation conceptuelle

Du fait d'une implantation de la cacaoyère en deux phases distinctes, nous présenterons deux modélisations du système à deux étapes clés de sa mise en place : 1) L'installation de l'ombrage temporaire et définitif 2) Le modèle définitif de routine, n'incluant pas le gliricidia par conséquent.

Par soucis d'éviter les redondances, toutes les composantes et variables sont présentées dans les tableaux ci-dessous, bien qu'elles n'apparaissent pas toute dans chacune des modélisations.

Tableau 15. Détail des composantes du système 2 et de leurs variables d'état.

| COMPOSANTES | VARIABLES D'ETAT | DEFINITIONS |
|---------------------|---------------------------|---|
| CACAOYER | Biomasse du cacao (Bca) | Biomasse des cabosses à la récolte |
| | Surface foliaire (SFca) | Surface totale des feuilles du cacaoyer |
| | Enracinement | Longueur et structure racinaire du cacaoyer |
| | Taille des fruits | Taille des cabosses à la récolte |
| | Arôme | Teneur et composition chimique des composés aromatiques du cacao marchand |
| MORINGA | Surface foliaire (SFm) | Surface totale des feuilles du Moringa |
| | Enracinement | Longueur et système racinaire du Moringa |
| GLIRICIDIA | Surface foliaire (SFg) | Surface totale couverte par les feuilles du Gliricidia |
| | Enracinement | Longueur et structure du système racinaire |
| | Inhibiteur | Concentration en composés chimiques inhibiteurs de germination des adventices |
| | N racine | Quantité d'azote fixé par le Gliricidia |
| CROTALAIRE | Biomasse crotalaire (Bcr) | Matière organique laissée par la Crotalaire après son élimination |
| | Surface foliaire (SFcr) | Surface totale couverte par les feuilles de la Crotalaire |
| | Enracinement | Longueur et structure du système racinaire |
| | N racine | Quantité d'azote fixé par la Crotalaire |
| PETIT MOURON | Surface foliaire (SFpm) | Surface totale couverte par les feuilles du Petit mouron |

| | | |
|------------|------------|--|
| SOL | NPK sol | Teneur en azote, phosphore, et potassium dans le sol |
| | N minéral | Teneur en azote minéral dans le sol |
| | Eau sol | Potentiel hydrique du sol |
| | Adventices | Taux de germination des adventices |

Tableau 16. Détail des variables d'entrée du système 2.

| VARIABLES D'ENTREE | DEFINITIONS |
|---------------------------|--|
| N atm | Azote atmosphérique |
| Lumière (PARi) | Quantité de rayonnement intercepté par les plantes |
| Eau | Quantité d'eau apportée par pluviométrie |

Tableau 17. Détail des variables de sortie du système 2.

| VARIABLES DE SORTIE | DEFINITIONS |
|-----------------------------|--|
| Rdt Cacao | Nombre, taille et poids des cabosses à la récolte |
| Qualité | Qualité de la production de cacao potentiellement impactée par le système en place |
| Aménagement paysager | Valorisation des parcelles par l'agrotourisme |
| Environnement | Préservation de l'environnement et de la fertilité des sols |

- Stade 1 : Relations variables d'entrées – Composantes

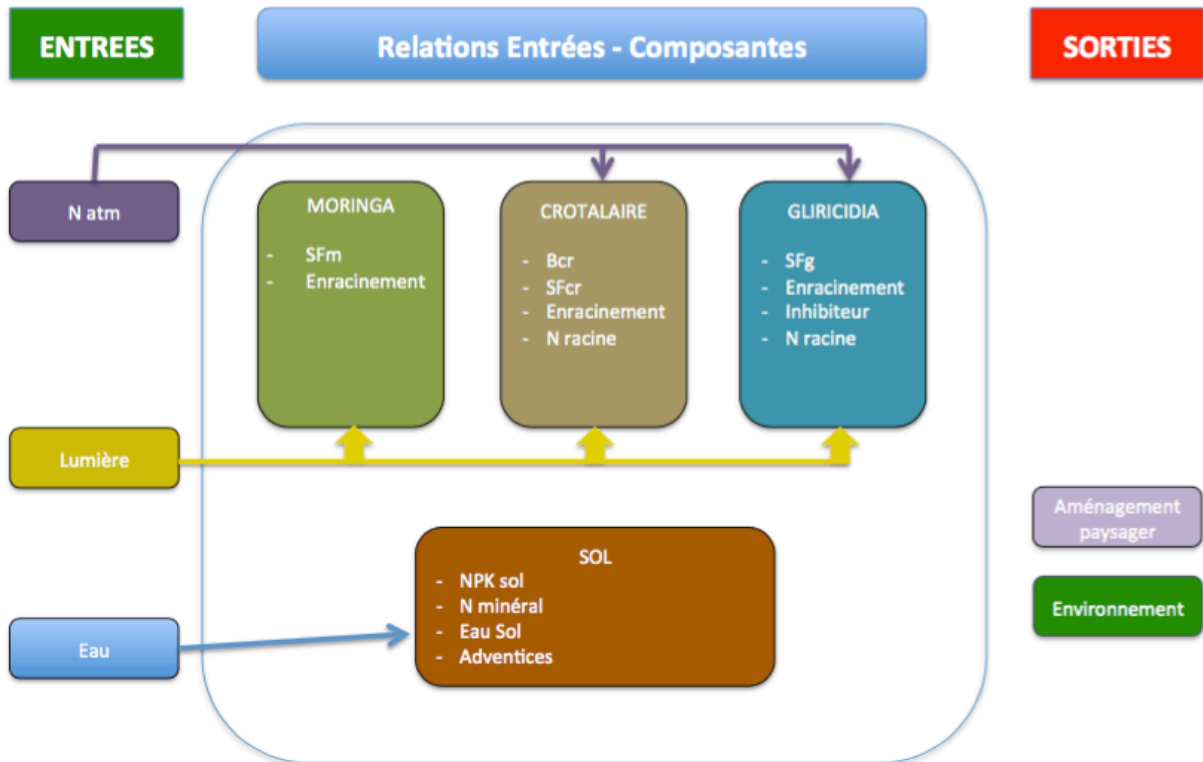


Figure 14. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 entre variables d'entrées – composantes.

L'azote atmosphérique (N_{atm}) est capté par la Crotalaire et le Gliricidia Sepium (variables d'état N racine) qui sont des légumineuses, et par conséquent fixatrices d'azote.

La lumière a un effet sur l'ensemble des espèces cultivées - sur les variables de Biomasse, de surface foliaire et d'enracinement et est nécessaire à leur développement.

L'eau issue de la pluviométrie a un effet sur le sol car elle va augmenter le potentiel hydrique de celui-ci.

- Stade 1 : Relations Composantes – Composantes

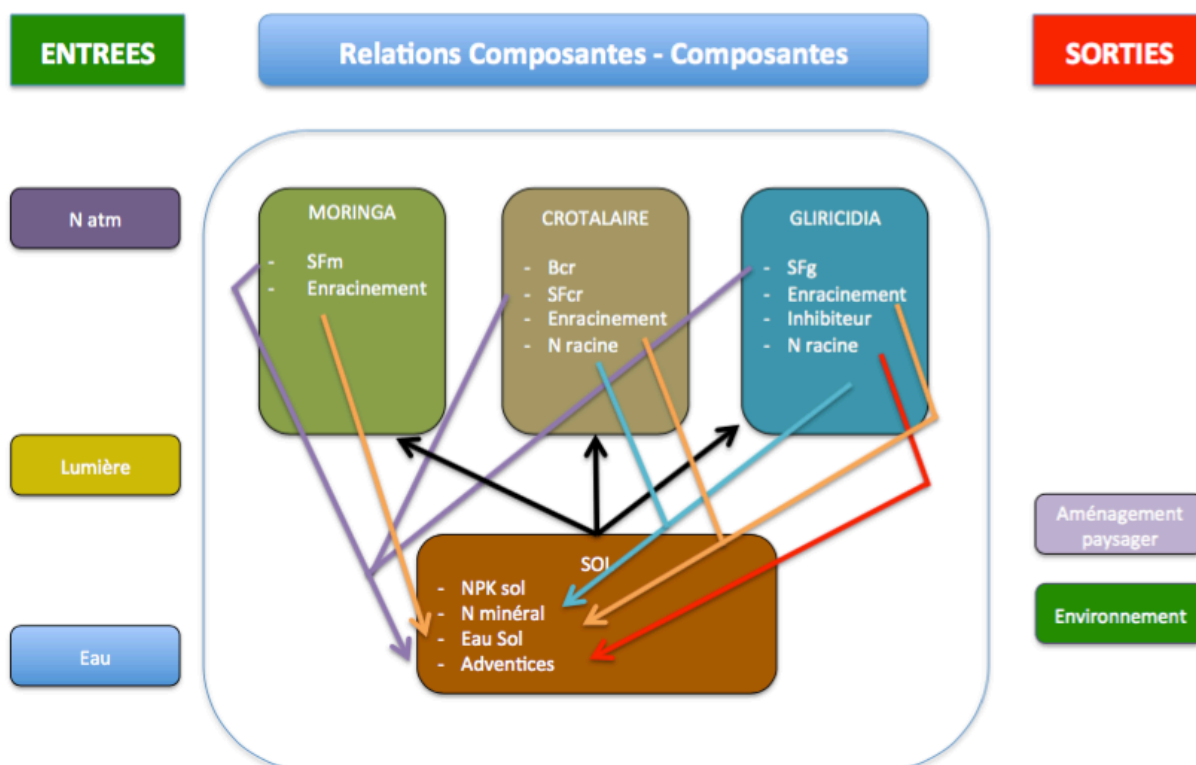


Figure 15. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 entre composantes.

Les surfaces foliaires du Moringa (SFm) et du Gliricidia Sepium (SFg) auront un impact sur le développement des adventices. Si ces surfaces foliaires sont assez grandes, la lumière ne sera pas suffisante pour un bon développement d'adventices. La surface foliaire de la Crotalaire (SFcr) aura également un impact considérable sur le développement des adventices du fait de sa grande capacité de recouvrement.

Ces variables (SFm, SFg et SFcr) auront également une influence sur le N minéral du sol. En effet, par la taille du Gliricidia et du Moringa, et par la fauche de la Crotalaire, les feuilles et résidus pourront servir de paillage, enrichissant la matière organique du sol (NPK sol) et limitant d'autant plus le développement d'adventices (Adventices).

La variable Inhibiteur du Gliricidia va avoir une influence négative sur la variable Adventice du sol en limitant leur développement.

Les deux variables d'enracinement, du Moringa et du Gliricidia, auront un impact sur la variable d'eau du sol. En effet, elles vont modifier la structure du sol, favoriser le drainage et par conséquent le potentiel hydrique de celui-ci. La variable Enracinement de la Crotalaire aura un impact plus limité du fait de la faible profondeur de son système racinaire.

Le Gliricidia ainsi que la Crotalaire fixant l'azote atmosphérique par leurs racines vont avoir, par leurs variables N racine, une influence positive sur la teneur en azote (N minéral) du sol.

Les variables N minéral, NPK sol et Eau sol auront une influence positive sur l'ensemble des espèces cultivées. Elles sont toutes trois nécessaires au bon développement des espèces cultivées et influencent positivement les variables Biomasse, Enracinement et Surface foliaire.

- Stade 1 : Relations Composante – Variables de sorties

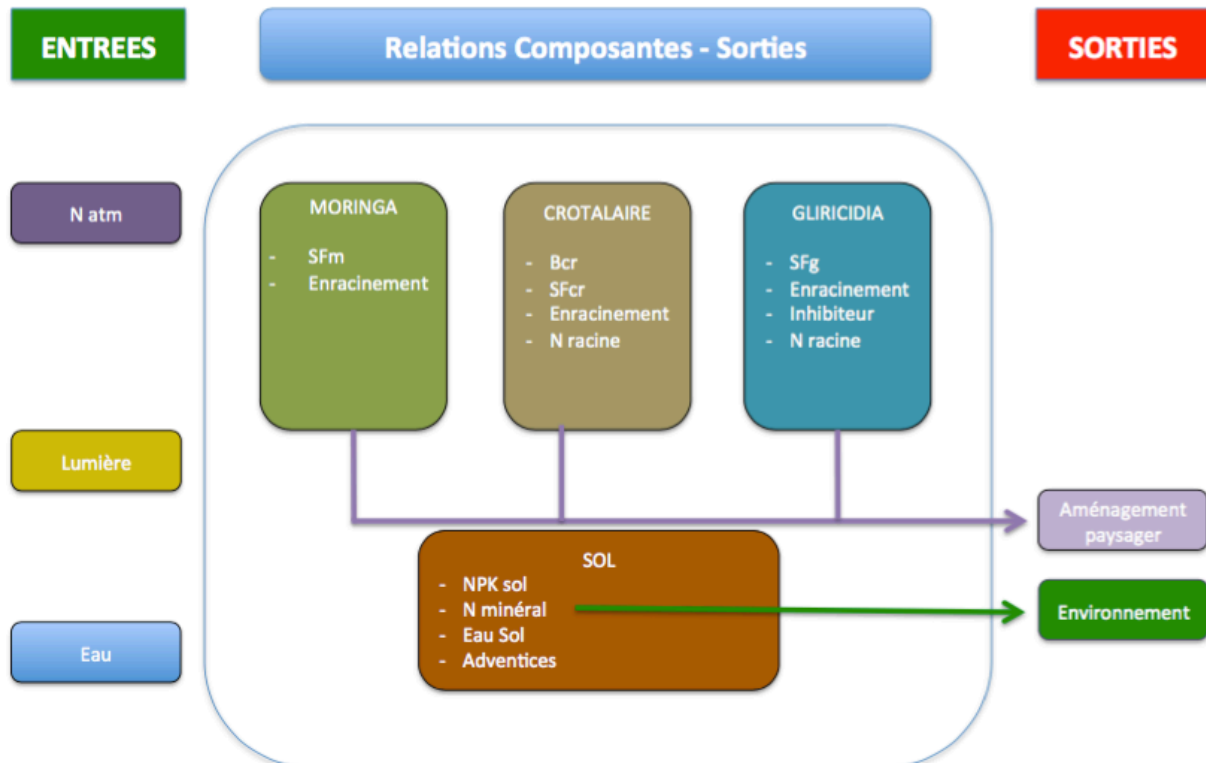


Figure 16. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 entre composantes et variables de sortie.

L'ensemble des composantes a un effet positif sur la variable d'aménagement paysager.

Le Sol, par sa variable N minéral, aura un effet positif sur l'environnement en améliorant la fertilité des sols à long terme.

- Stade 2 : Relations Variables d'entrées – Composantes

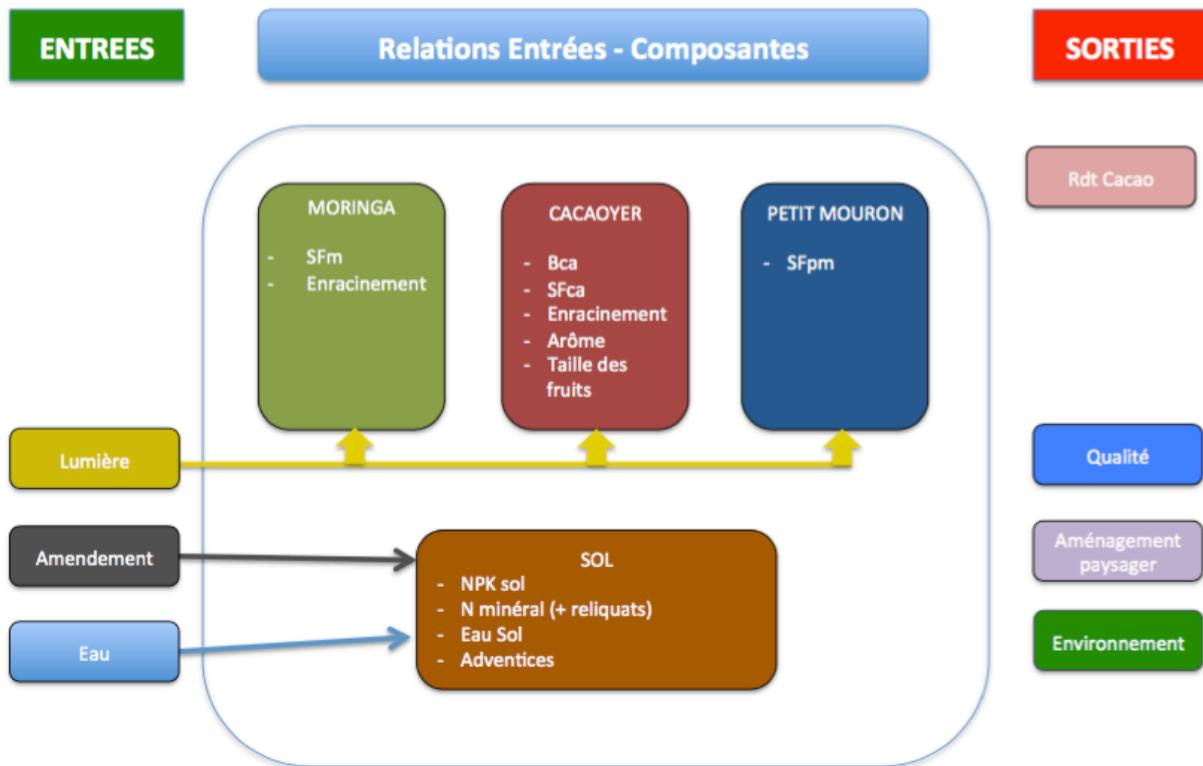


Figure 17. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 entre variables d'entrées et composantes.

La lumière a un effet sur l'ensemble des espèces cultivées - sur les variables de Biomasse, de surface foliaire, d'enracinement et taille des fruits et est nécessaire à leur développement.

L'eau issue de la pluviométrie a un effet sur le sol car elle va augmenter le potentiel hydrique de celui-ci.

En fonction du choix stratégique de PSE et des carences observées, pourra être épandu un engrais organique ou un apport phosphaté. Sous cette condition, la variable amendement aura un impact sur la composante sol en augmentant les teneurs NPK présentes.

- Stade 2 : Relations Composantes – Composantes

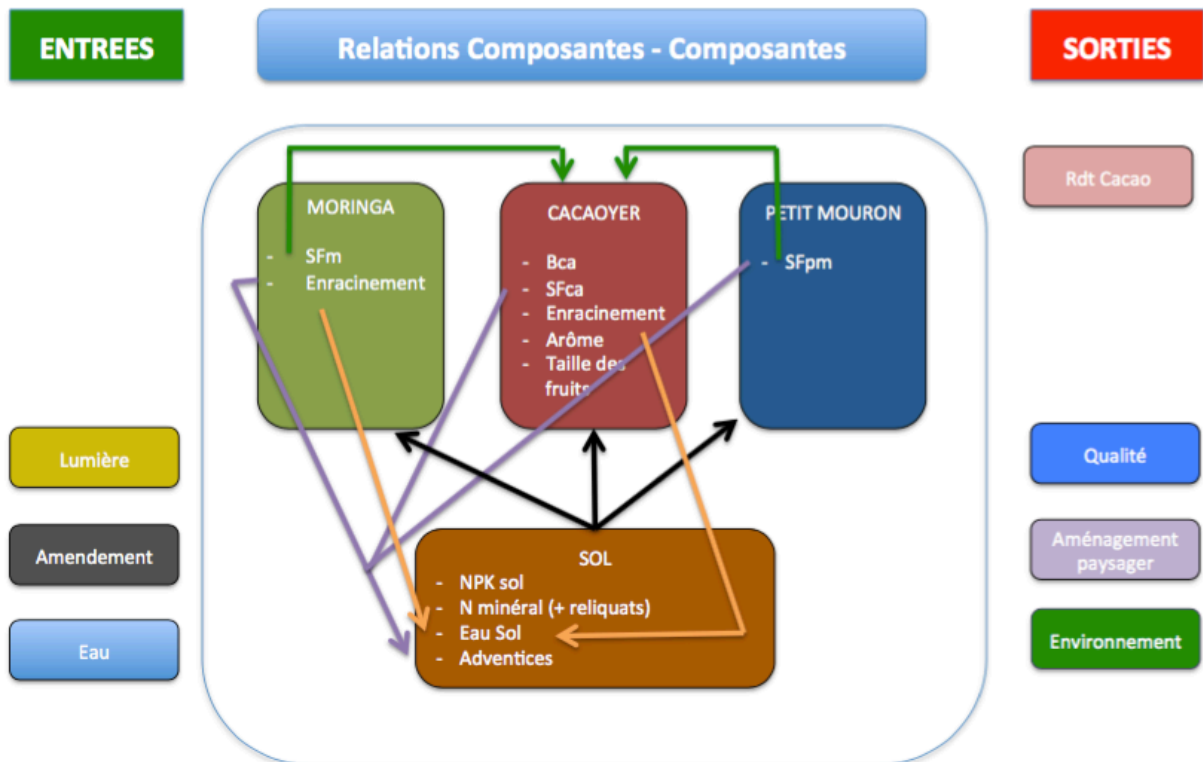


Figure 18. Modélisation conceptuelle des interactions du système 2 les composantes.

Les surfaces foliaires du Cacaoyer (SFca), du Moringa (SFm) et du Petit Mouron (SFpm) ont un impact sur le développement des adventices. Une fois le système développé le Petit Mouron occupera la place disponible au sol limitant ainsi le développement d'adventices.

La surface foliaire du Moringa (SFm) aura un effet sur le développement du Cacaoyer comprenant l'ensemble de ses variables d'état étant donné que le Cacaoyer a besoin d'un certain ombrage pour son bon développement.

Les variables d'enracinement des espèces cultivées, auront un impact sur la variable d'eau du sol. En effet, elles vont modifier la structure du sol et par conséquent le potentiel hydrique de celui-ci. Elles auront donc une action favorisant le drainage de l'eau du sol.

Les variables N minéral, NPK sol (enrichie par la matière organique dégradée issue de la fauche de la Crotalaire et de la taille des Gliricidia avant qu'ils ne soient enlevés) et Eau sol auront une influence positive sur l'ensemble des espèces cultivées. Elles sont toutes trois nécessaires au bon développement des espèces cultivées et influencent positivement les variables d'état Biomasse, Enracinement, Surface foliaire, et Taille des fruits.

- Stade 2 : Relations Composantes – Variables d’entrées

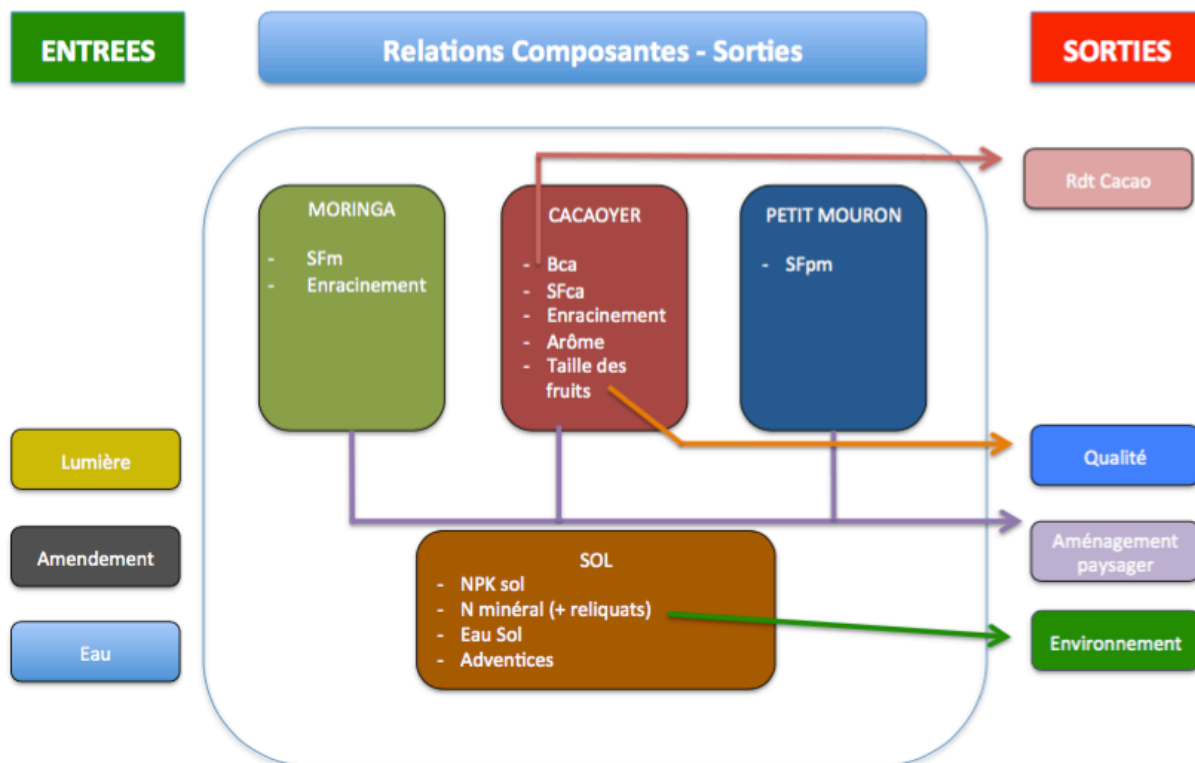


Figure 19. Modélisation conceptuelle des interactions composantes et variables de sorties du système 2.

La variable de Biomasse du cacao (Bca) a un effet sur la variable de rendement du Cacao. Une concurrence est possible inter-espèces ce qui pourrait affecter la biomasse du cacao et par conséquent le rendement.

La variable Taille des fruits de la composante Cacaoyer aura un effet sur la variable Qualité.

L’ensemble des composantes a un effet positif sur la variable d’aménagement paysager.

Le Sol, par sa variable N minéral, aura un effet positif sur l’environnement en améliorant la fertilité des sols à long terme, ce qui aura comme effet positif sur les interactions entre le sol et les autres composantes.

6.2.5. Calcul de la densité

Les modes de culture du Moringa, revêtant de multiples objectifs, sont très variées. En effet l’écartement dépend de l’utilisation et peut varier de 15x15cm pour la production de feuilles à plus de 4m pour la production de graines. Il est toute fois recommandé, dans une cacaoyère conduite en agroforesterie, d’implanter l’ombrage définitif à un écartement de 12x12m (OIT, 2013). Nous choisissons donc de sélectionner cet écartement que ce soit pour le Moringa ou le Gliricidia.

Tableau 18. Densités préconisées pour le système 2. (Source : d'après Mossu, 1990 ; Nair, 1979 ; Hallé, 1986 ; OIT, 2013 ; Dambas et al, 2015)

| Nom de la parcelle | Superficie (m ²) | Essence ou plante | Ecartement (mètre) | Densité/ha | Densité/surface réelle |
|--------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------------|
| Coulon 9 | 4589 | Cacaoyer | 3x3 | 1111 | 510 |
| | | Moringa | 12x12 | 69 | 32 |
| | | Gliricidia | 12x12 | 69 | 32 |
| | | Crotalaire | - | 20kg | 9kg |
| | | Petit Mouron | - | 400plaques | 184 plaques |
| | | | | | |

6.2.6. Répartition spatiale

Pour l'implantation de la parcelle, qu'il s'agisse de la première ou de la seconde phase de plantation, les plants seront disposés de façon à suivre les courbes de niveau existantes dans le but de limiter les risques d'érosion liés à la topographie de la parcelle (Impact37, 2009). Ceci devra se faire dans le respect des densités préconisées (Figure 20).

Le gliricidia placé au même écartement que le Moringa se positionnera en interligne des cacaoyers afin de maximiser l'ombrage global de ces derniers, comme présenté ci-dessous.

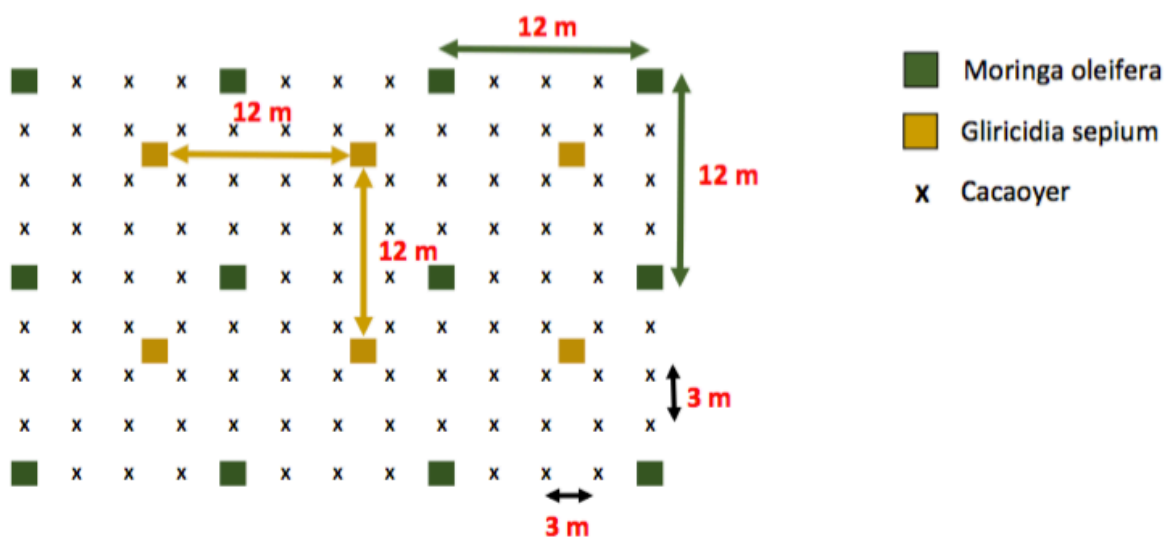


Figure 20. Répartition spatiale au sein du système 2.

6.2.7. Aménagement de la parcelle

La parcelle Coulon 9 ne présente pas de contraintes particulières en ce qui concerne son aménagement. Toutefois on veillera à réaliser une voie d'accès aux cacaoyers, incluant une zone de retournement, et à ne pas tasser le sol, autant que faire se peut, par le passage répété d'engins agricoles pour la préparation de la parcelle et la plantation des arbres.

6.2.8. Planning d'implantation

Comme expliqué précédemment, la première phase d'implantation, en année N, aura pour but l'installation de l'ombrage et de la plante de couverture temporaire. Il n'est pas fait mention de phase de pépinière pour la première étape de plantation (Tableau 19) car il est préconisé de réaliser un semis directement en plein champ pour le Moringa et la Crotalaire (De Saint Sauveur et al., 2010 ; Dambas et al., 2013). Le semis en plein champ permettra une économie de main d'œuvre liée à la phase pépinière et à la transplantation (De Saint Sauveur et al., 2010). De plus, cela limitera les pertes potentielles issues de la manipulation des plants et du risque de fragilisation du système racinaire. Le Gliricidia sera lui implanté par bouture. En effet, plusieurs haies de Gliricidia sont présentes sur l'exploitation et constitue un réservoir important de boutures.

La préparation de la parcelle correspond ici à la préparation du lit de semence pour la plante de couverture qui sera la dernière semée pour éviter tout risque de dégradation liée aux opérations de plantation des arbres et au passage d'engins agricoles.

Le 4^{ème} mois après le semis, la Crotalaire sera éliminée du système avant sa floraison. Ainsi le temps de restitution avant la préparation de la parcelle sera respecté.

Tableau 19. Planning d'implantation du système 2 en année N.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AMENAGEMENT DE LA PARCELLE | | | | | | | | | | | | |
| PREPARATION DE LA PARCELLE | | | | | | | | | | | | |
| TROUAISON | | | | | | | | | | | | |
| SEMIS | | | | | | | | | | | | |
| DESHERBAGE | | | | | | | | | | | | |
| DESTRUCTION DE LA CROTALAIRE | | | | | | | | | | | | |

Dans la seconde phase de plantation (Tableau 20), seront implantés les cacaoyers ainsi que la plante de couverture en début de saison des pluies afin de limiter le risque de stress hydrique. Comme précisé précédemment (cf. choix des associations), un désherbage mécanique et/ou manuel sera nécessaire afin de favoriser le développement de la plante de couverture.

Tableau 20. Planning d'implantation du système 2 en année N+1.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PHASE DE PEPINIERE | | | | | | | | | | | | |
| PREPARATION DE LA PARCELLE | | | | | | | | | | | | |
| TROUAISON | | | | | | | | | | | | |
| PLANTATION (Cacaoyers + Petit mouron) | | | | | | | | | | | | |
| REPLACEMENT DES CACAOYERS DEFAILLANTS | | | | | | | | | | | | |
| DESHERBAGE | | | | | | | | | | | | |

C'est à partir de la 4^{ème} année (N+4) après la plantation des arbres d'ombrage que pourra être supprimé l'ombrage temporaire que représente le Gliricidia.

6.2.9. Rendement potentiel du système

Le rendement exprimé en kg de fèves fraîches par an, comme expliqué précédemment, ne concerne que la culture du cacao, l'année N représentant l'année d'implantation des cacaoyers. Le rendement potentiel du Moringa n'est pas pris en compte dans le rendement du système il n'est pas prévu par le commanditaire de valoriser la production d'une autre culture que le cacaoyer.

Tableau 21. Rendement du système 2 au cours du temps.

| Année | N | N+1 | N+2 | N+3 | N+4 | N+5 | N+6 | N+7 |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Rendement (kg de fèves) | 0 | 0 | 0 | 61 | 383 | 918 | 1148 | 1530 |

6.3. Système 3 : prairie (Hugo 1 et 2)

6.3.1. Objectif du système

Une implantation plus complète (Hugo 1 et 2)

Comme cela a été développé précédemment, les objectifs, besoins et caractéristiques de ce système se rapprochent de ceux du système 2 mis en place sur la parcelle Coulon 9, à ceci près que les parcelles du système 3 ne bénéficient pas, sur l'ensemble de leurs surfaces, de protection contre le vent comme c'est le cas dans le système 2.

Le cœur de ce système sera donc quasi-similaire à celui de du système 2 et c'est pourquoi cette partie ne développera que la composition et les modalités de mise en place des haies brise-vent. Néanmoins, et comme ce sera développé dans cette partie, le temps nécessaire au développement des haies brise-vent avant qu'elles ne s'avèrent avoir un effet sur le climat de la parcelle exclut toute implantation de cacaoyers avant 5ans. Les arbres d'ombrage temporaires (*Gliricidia*) ne seront pas nécessaires au sein de ce système, le temps de développement des haies brise-vent permettant une installation précoce de l'ombrage définitif lui laissant ainsi le temps de se développer.

En ce qui concerne l'implantation de la Crotalaire, elle sera installée la même année que les cacaoyers (cf. Planning d'implantation). En effet, dans le cas d'une implantation en même temps que les haies brise-vent et les arbres d'ombrage, elle serait dégradée au bout de 7 mois après semis et ne pourrait servir au cacaoyer, la matière organique ayant déjà été utilisée. De plus, un enrichissement précoce du sol sur l'ensemble des parcelles pourrait conduire à un développement important d'adventices.

6.3.2. Contraintes

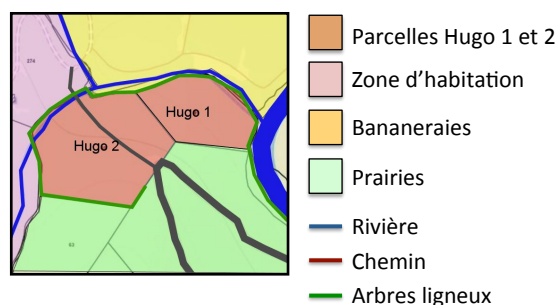


Figure 21. Carte schématique de l'environnement des parcelles Hugo 1 et 2.



Figure 22. Les parcelles Hugo 1 et 2 surplombent les bananeraies.

Les parcelles Hugo 1 et Hugo 2 sont situées sur la partie supérieure d'une colline, leur point culminant se situant sur la partie sud-est de la parcelle Hugo 2, au niveau du commencement du chemin qui la traverse. Les deux parcelles entourées au trois quart de végétation haute composée d'arbres et de bambous, présentent un dénivelé important les exposant particulièrement aux aléas climatiques. Anciennement cultivées en banane, la culture a dû y être stoppée en raison de la trop forte pente. Sur leur partie haute (sud) sont présents des pâturages. Les parcelles Hugo 1 et 2 dominent les bananeraies situées sur leurs faces nord et en sont séparées par un bras de rivière. Sur la partie ouest sont présentes des parcelles d'habitation.

6.3.3. Choix des associations

Une haie brise-vent, pour qu'elle soit le plus efficace possible doit être perméable (Soltner, 1995). En effet, une haie perméable ralentira la vitesse du vent, minimisant les dégâts potentiels occasionnés aux cultures au contraire d'une haie imperméable qui risquera d'augmenter la force du vent en créant des tourbillons. La composition doit nécessairement varier, mêlant des arbres de taille moyenne à haute avec des arbres bas voire buissonnants, et en formation continue (CIRAD-GRET, 2009 ; Labant, 2009). Sans cette composition multiple, et de la même façon que si la haie est imperméable, le vent tourbillonne en amont et en aval de la haie. Il est dans ce cas néfaste aux cultures.

L'immortelle (*Erythrina variegata*), est un arbre, planté en forte densité, qui était largement utilisée localement comme haie brise vent dans les bananeraies ou les prés car possédant une structure intéressante et une bonne adaptation au types de sols. Depuis 2004, l'immortelle connaît un nouveau ravageur, *Quadrastichus erythrinae* Kim, qui décime l'ensemble des plantations réalisées en Martinique et Guadeloupe (Dumbardon-Martial, 2014). Bien qu'elle soit en danger de disparition aux Antilles et que son insertion au sein du système représenterait un réel atout de communication, il est préconisé ne pas implanter de nouveaux individus (Etienne et al., 2013). C'est pourquoi, et pour les mêmes raisons qui ont guidé le choix de l'ombrage temporaire dans le système précédent, nous privilégions le choix du *Gliricidia* à celui du Pois d'Angole pour assurer la strate inférieure de la haie brise-vent. En effet, bien que représentant un brise-vent efficace, le caractère invasif du Pois d'Angole induirait une surcharge de travail et un risque important de colonisation du système.

Le *Gliricidia*, quant à lui, présente l'avantage de ne pas présenter cette caractéristique. En revanche, ses propriétés cassantes (Bastide, 2016) pourraient être un frein à son intégration dans le système. C'est pourquoi il sera conduit sous sa forme arbustive avec un écartement faible, et taillé régulièrement, afin de limiter les risques de casse et, le cas échéant, les risques de dégradation de la parcelle.

Les essences retenues pour le système 3 sont :

- **Filao** (*Casuarina esquistifolia*), légumineuse pionnière qui composera la strate supérieure de la haie brise-vent
- **Le Gliricidia** (*Gliricidia sepium*), légumineuse qui sera utilisée dans sa forme buissonnante en tant que strate inférieure de la haie brise-vent

Le Filao : une espèce couramment utilisée comme brise-vent

Cet arbre, fixateur d'azote et originaire d'Asie, est largement implanté en zone tropicale de par le monde où ses usages sont multiples variant du brise-vent, à la production de bois de chauffe (Cisse et al., 1993). Le filao est un arbre pionnier implantable sur un large panel de types de sols, notamment pauvres ou érodés. En plus des usages précédemment cités, il est utilisé pour restaurer ou enrichir les sols. (Lisan, 2011)

Sa croissance rapide, aux alentours de 2,5m à 3m par an les 7 premières années puis un développement plus lent pour atteindre entre en moyenne 20-25m à 25ans (Bois et Forêts des Tropiques, 1961), lui permet de coloniser rapidement un milieu.

Dans les systèmes cacaoyers, il peut être utilisé comme haie brise-vent (Bastide, 2016).

De par ses qualités, le Filao, intégré au système, pourra modifier considérablement le climat de la parcelle et permettre une implantation rapide et sécurisée de la cacaoyère.

6.3.4. Modélisation conceptuelle

Tableau 22. Détail des composantes du système 3 et de leurs variables d'état.

| COMPOSANTES | VARIABLES D'ETAT | DEFINITIONS |
|-------------------|-------------------------|---|
| GLIRICIDIA | Surface foliaire (SFbc) | Surface totale couverte par les feuilles du Bois canon |
| | Enracinement | Longueur et structure du système racinaire |
| | Inhibiteur | Concentration en composés chimiques inhibiteurs de germination des adventices |
| | N racine | Quantité d'azote fixé par le <i>Gliricidia</i> |
| FILAO | Surface foliaire (SFfi) | Surface totale couverte par le houppier du Filao |
| | Enracinement | Longueur et structure du système racinaire |
| | N racine | |
| SOL | NPK sol | Teneur en azote, phosphore, et potassium dans le sol |

| | | |
|--|------------|--|
| | N minéral | Teneur en azote minéral dans le sol |
| | Eau sol | Potentiel hydrique du sol |
| | Erosion | Représente le phénomène potentiel d'érosion éolienne |
| | Adventices | Taux de germination des adventices |

Tableau 23. Détail des variables d'entrée du système 3.

| VARIABLES D'ENTREE | DEFINITIONS |
|-----------------------|--|
| N atm | Azote atmosphérique |
| Lumière (PARI) | Quantité de rayonnement intercepté par les plantes |
| Eau | Quantité d'eau apportée par pluviométrie |

Tableau 24. Détail des variables de sortie du système 3.

| VARIABLES DE SORTIE | DEFINITIONS |
|------------------------------|---|
| Climat de la parcelle | Climat présent au sein de la parcelle |
| Aménagement paysager | Valorisation des parcelles par l'agrotourisme |
| Environnement | Préservation de l'environnement et de la fertilité des sols |

- Relations Variables d'entrées - composantes

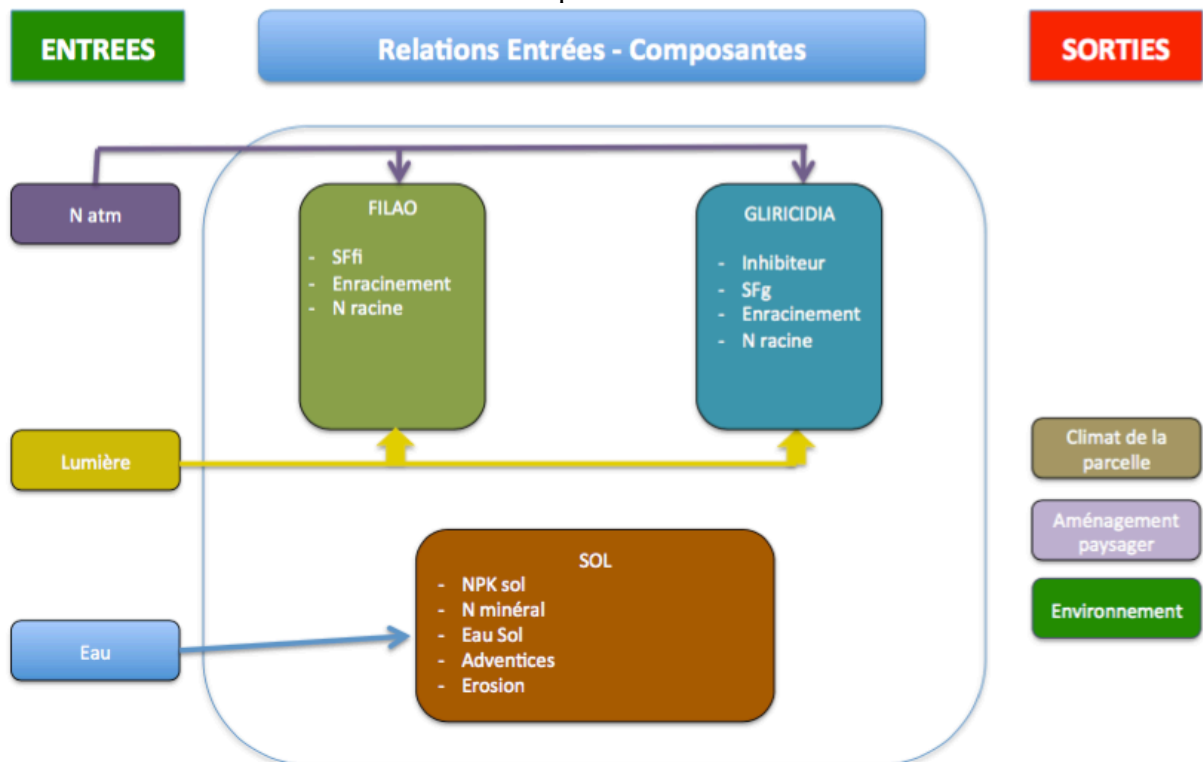


Figure 23. Modélisation conceptuelle des interactions du système 3 entre variables d'entrées et composantes.

La variable d'entrée N atm aura un effet sur les composantes Filao et Gliricidia puisque ce sont deux légumineuses qui ont la capacité de fixer l'azote.

La Lumière aura un impact sur les deux cultures du système, le Filao et le Gliricidia.

L'eau, issue de la pluviométrie, aura un effet sur la composante sol en augmentant son potentiel hydrique.

- Relations Composantes - Composantes

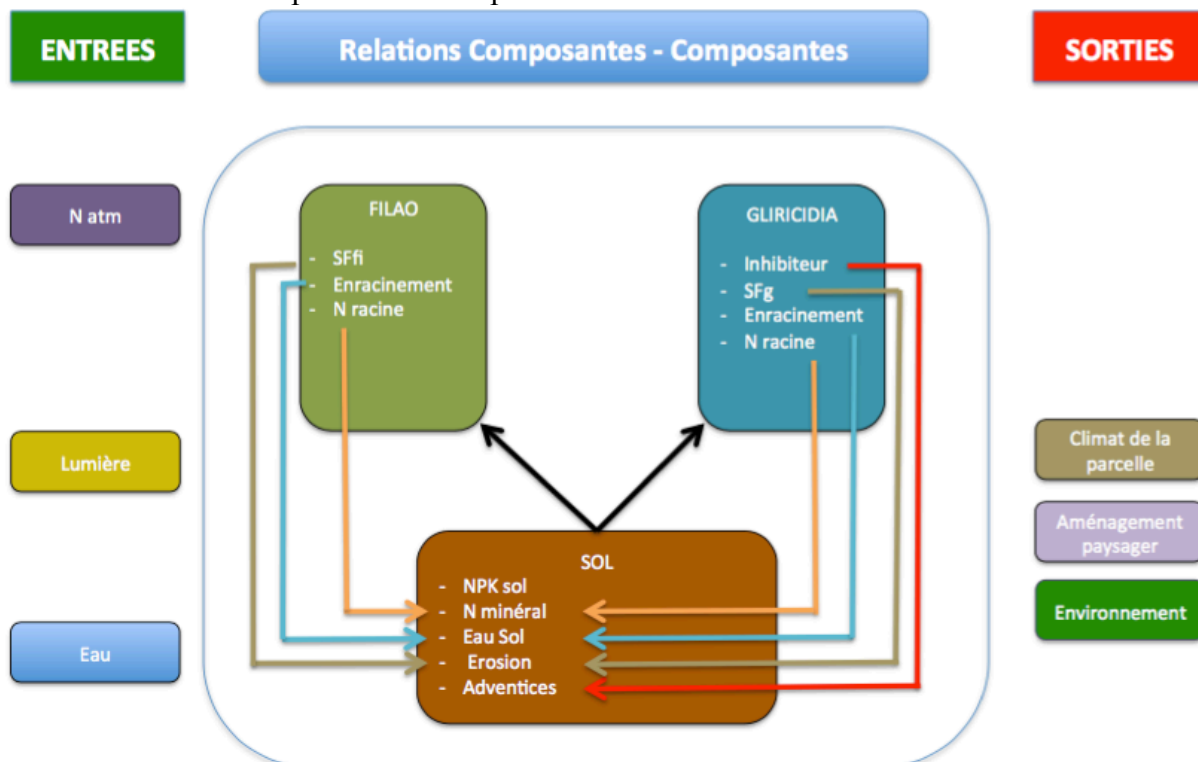


Figure 24. Modélisation conceptuelle des interactions du système 3 entre composantes.

Les surfaces foliaires du Filao et du Gliricidia, de par leur effet brise-vent auront un impact sur la variable érosion du sol car elles limiteront les vents violents et par conséquent l'érosion éolienne liée.

La variable d'état Inhibiteur du Gliricidia aura un effet sur les adventices.

Les variables enracinement du Filao et du Gliricidia, de par leur structure racinaire vont faciliter le drainage de l'eau et auront un effet sur la variable eau du sol.

Les variables N racines des deux espèces auront un effet sur la variable N minéral du sol en de par la restitution de l'azote atmosphérique capté.

- Relation Composantes – Variables de sorties

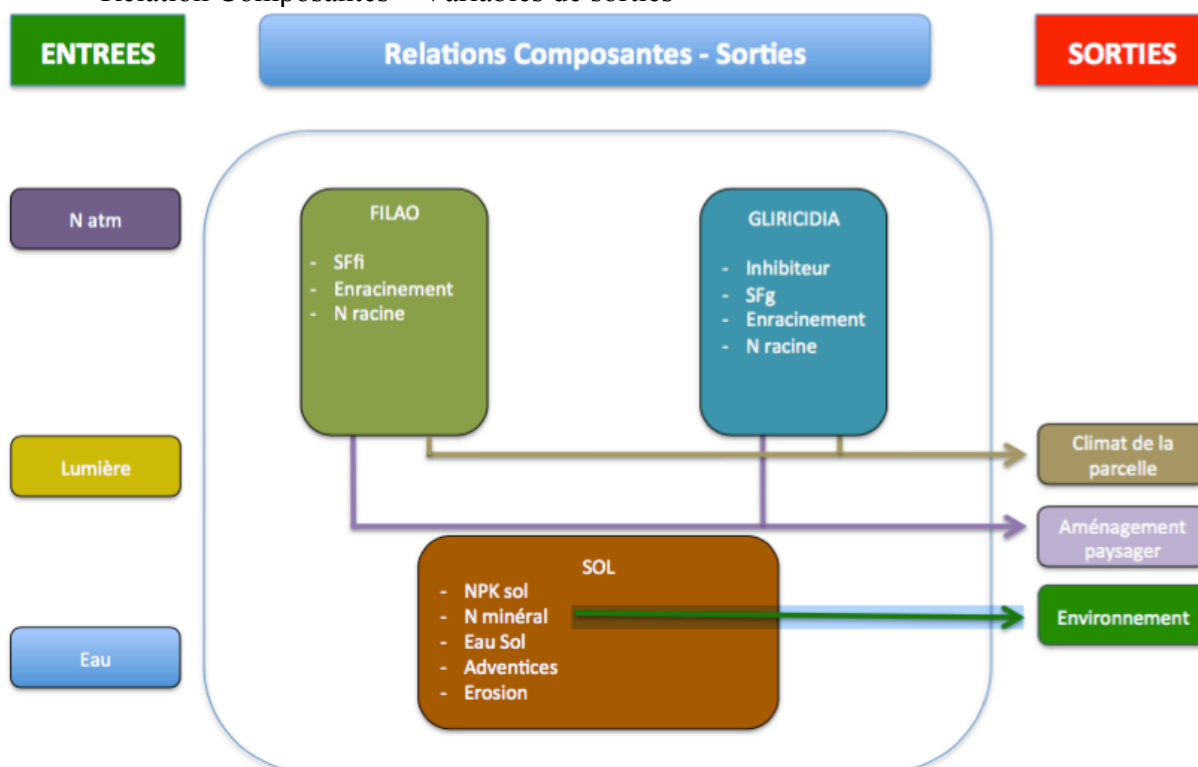


Figure 25. Modélisation conceptuelle des interactions du système 3 entre composantes et variables de sorties.

Comme développé précédemment, les deux composantes, Filao et Gliricidia vont modifier le climat de la parcelle en limitant les effets des vents, notamment violents. Bien que cela ne soit pas développé dans cette partie, c'est principalement par cette variable de sortie « Climat de la parcelle » que les espèces, dans leur rôle de haie brise-vent vont influencer sur le système productif cacaoyer constitué de la même façon que le système 2.

Le Sol, par sa variable N minéral, aura un effet positif sur l'environnement en améliorant la fertilité des sols à long terme. Cette variable aura également un effet sur le système productif en améliorant la fertilité du sol nécessaire au cacaoyer.

6.3.5. Calcul de la densité

Pour le Filao, lorsqu'il est implanté en haie brise-vent monospécifique, il est préconisé un écartement entre les plants variant de 2x2m à 3x3m (Whistler et al., 2006 ; Bois et Forêts des Tropiques, 1961). Néanmoins, vu le caractère potentiellement invasif du Filao (Lisan, 2011), une densité importante augmenterait les risques de propagation. De plus la stratégie choisie est l'implantation d'une haie plurispécifique intégrant deux strates pour une meilleure efficacité de l'effet brise-vent. Dans ce cas, il est conseillé un écartement de 7m entre les plants (Labant, 2009).

Dans notre cas, et au regard des arguments précédemment présentés, nous faisons le choix d'un écartement intermédiaire permettant de réduire le nombre de Filao sur les parcelles. L'écartement entre les Filao sera donc de 6m.

En ce qui concerne le Gliricidia, et étant donné que l'objectif est de le sauvegarder sous sa forme arbustive, l'écartement entre les plants sera restreint et défini à 1m.

La répartition des plants sur la ligne de haie se présentera donc de la façon suivante :

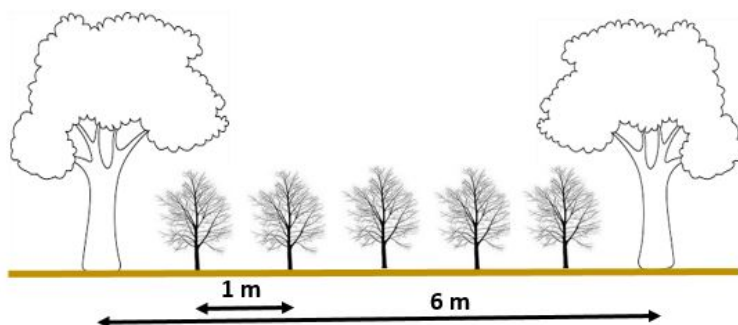


Figure 26. Répartition et écartement des individus sur la haie brise-vent.

Bien que les autres associations ne soient pas présentées dans le détail de ce système, nous détaillerons ci-dessous leurs densités afin de déterminer le rendement potentiel du cacao.

Tableau 25. Densités préconisées pour le système 3. (Source : d'après Mossu, 1990 ; Nair, 1979 ; Hallé, 1986 ; OIT, 2013 ; Dambas et al, 2015)

| Nom de la parcelle | Superficie (m ²) | Essence ou plante | Ecartement (mètre) | Densité/ha | Densité/surface réelle |
|--------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|-------------|------------------------|
| Hugo 1 | 4120 | Cacaoyer | 3x3 | 1111 | 458 |
| | | Moringa | 12x12 | 69 | 28 |
| | | Crotalaire | - | 20kg | 8kg |
| | | Petit | - | 400 plaques | 165 plaques |
| | | Mouron | - | 400 plaques | 165 plaques |
| Hugo 2 | 8012 | Cacaoyer | 3x3 | 1111 | 890 |
| | | Moringa | 12x12 | 69 | 55 |
| | | Crotalaire | - | 20kg | 16kg |
| | | Petit | - | 400 plaques | 320 plaques |
| | | Mouron | - | 400 plaques | 320 plaques |

6.3.6. Répartition spatiale

Comme présenté dans la partie « contraintes », les deux parcelles, bien qu'exposées sur la majorité de leurs surfaces, sont entourées, sur près des trois-quarts de leurs périmètres, par une végétation variée de 5m de hauteur en moyenne. On estime qu'une haie couvre une surface comprise entre 10 à 15 fois sa hauteur (Labant, 2009). Les parcelles présentant des dénivelés importants, on estime que les surfaces protégées par la végétation de bordure présentes en bas de pente sont égales à leur hauteur lorsqu'on les rapporte au profil topographique (Figure 27).

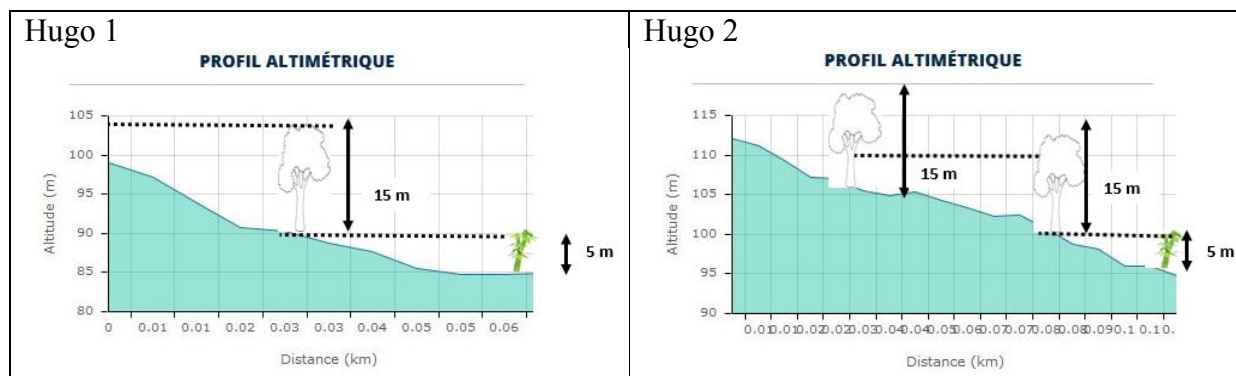


Figure 27. Répartition des haies brise-vent en fonction du dénivelé. (Source : d'après Géoportail)

Vu l'exposition importante des parcelles et en tenant compte de la végétation de bordure déjà présente, les lignes de haie seront disposées en suivant les courbes de niveau, comme présenté ci-après.



Figure 28. Positionnement des haies brise-vent dans les parcelles. (Source : Géoportail, 2016)

6.3.7. Aménagement des parcelles

Les parcelles ayant déjà un antécédent cultural, des aménagements, tels que des voies d'accès et de circulation, ont déjà été effectués. L'aménagement consistera donc à réhabiliter ces voies, mais aussi à supprimer la végétation présente afin d'y implanter le système.

6.3.8. Planning d'implantation

L'implantation du système se fera en plusieurs phases successives. En effet, on plantera les haies brise-vent la même année que l'ombrage définitif afin que chacun puisse se développer. Bien que la vitesse de croissance du Filao soit considérée comme rapide, il n'atteindra une hauteur suffisante (10m) qu'au bout de 5ans (Bois et Forêts des Tropiques, 1961). Le temps nécessaire à sa croissance permettra aux arbres d'ombrage de se développer et de fournir un ombrage suffisant pour l'installation des cacaoyers. A contrario du système 2, l'ombrage temporaire ne sera pas intégré dans ce système et l'implantation du cacaoyer n'interviendra que la 5^{ème} année.

L'année N représente ici l'année d'implantation des cacaoyers.

Tableau 26. Planning d'implantation du système 3 en année N-5.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AMENAGEMENT DE LA PARCELLE | | | | | | | | | | | | |
| PREPARATION DE LA PARCELLE | | | | | | | | | | | | |
| TROUAI SON | | | | | | | | | | | | |
| PLANTATION (HAIES + OMBRAGE) | | | | | | | | | | | | |
| TAILLE | | | | | | | | | | | | |
| DESHERBAGE | | | | | | | | | | | | |

Les opérations de taille et de désherbage se devront d'être régulièrement effectuées afin que les espèces se développent de façon cohérente (droites et érigées) sans coloniser le milieu. Ces opérations devront être réalisées tout au long du cycle de vie des Gliciridia et pendant les 3 premières années pour le Filao.

Tableau 27. Planning d'implantation du système 3 en année N.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SEMIS DE LA CROTALAIRE | | | | | | | | | | | | |
| PHASE DE PEPINIERE | | | | | | | | | | | | |
| PREPARATION DE LA PARCELLE | | | | | | | | | | | | |
| TROUAI SON | | | | | | | | | | | | |
| PLANTATION (Cacaoyers + Petit mouron) | | | | | | | | | | | | |
| REMPACEMENT DES CACAOYERS DEFAILLANTS | | | | | | | | | | | | |
| DESHERBAGE | | | | | | | | | | | | |

La Crotalaire sera implantée en début d'année afin de respecter son cycle de développement avec une fauche anticipée au bout 3^{ème} mois lors du démarrage de la préparation des parcelles. La préparation des parcelles, incluant une préparation du sol pour l'implantation du Petit Mouron, permettra d'enfouir la matière organique que représente la Crotalaire et ainsi enrichir le sol une fois dégradée.

6.3.9. Rendement potentiel du système

N représente ici l'année d'implantation des cacaoyers, c'est-à-dire 5 ans après l'implantation des haies brise-vent et de l'ombrage définitif.

Tableau 28. Rendement du système 3 au cours du temps.

| Année | N | N+1 | N+2 | N+3 | N+4 | N+5 | N+6 | N+7 |
|--------------------------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Rendement (kg de fèves) | 0 | 0 | 0 | 162 | 1011 | 2426 | 3033 | 4044 |

7. Analyse des systèmes

L'ensemble des systèmes créés répond aux attentes de PSE en terme de valorisation d'espace, d'amélioration de l'image de l'entreprise et de production de cacao.

Le système 1, grâce à la suppression à minima des arbres existants, préserve au mieux l'équilibre écologique initial. Intégrant un nombre minimal de nouvelles composantes, ce système est simple et peu coûteux.

Le système 2 sera celui qui, en comparaison des deux autres systèmes, aura la production potentielle la plus importante. Au sein du système 2 et à l'inverse des autres systèmes, il n'est pas nécessaire de composer avec l'existant (système 1) ni d'implanter des haies brise-vent (système 3) ce qui permet d'optimiser le nombre de cacaoyers dans le système.

Le système 3, bien qu'étant le plus complexe dans sa mise en œuvre (sur une durée de 5ans), verra sa mise en place facilitée par l'existence d'aménagements préexistants ; les coûts et délais seront ainsi réduits. L'état initial quasi-vierge des parcelles Hugo 1 et 2, nécessitant l'implantation d'un système complexe et complet, présente l'avantage d'un boisement cohérent. Ceci sera particulièrement valorisable et contribue à l'atteinte des objectifs de PSE pour l'amélioration de son image auprès du public.

Du fait de la topographie de l'ensemble des parcelles, il existe des risques de ruissellement et de stagnation d'eau importants, qui pourraient favoriser le développement de maladies fongiques et impacter négativement la production. Il sera donc nécessaire de contrôler ces risques par le biais d'aménagements spécifiques, tels que des canaux de drainage.

Tableau 29. Synthèse de l'analyse des systèmes.

| | S1 : Couvert forestier | S2 : Prairie | S3 : Prairie (forte exposition au vent) |
|-----------------------------|--|--|---|
| Avantages | - Moindre modification du milieu - Système simple et peu coûteux | - Système simple qui favorise la production du cacao - Peu de contraintes liées à l'environnement | - Aménagements déjà présents - Création d'un système complexe qui peut être valorisé |
| Limites potentielles | - Ravageurs - Risques de vols | | |
| | - Ruissellement - Humidité => développement de maladies fongiques | - Stagnation d'eau en bas de parcelle | - Ruissellement - Erosion - Prolifération du Filao - Mise en œuvre sur 5 ans |

Conclusion :

Les trois systèmes définis dans cette partie présentent tous des caractéristiques qui leurs sont propres et qui répondent aux exigences environnementales des parcelles sur lesquelles ils sont implantés. Ces systèmes représentent un panel assez large de situations que PSE pourrait rencontrer si elle souhaite implanter de nouvelles parcelles. Ils pourront ainsi servir de base de réflexion pour l'adaptation à des milieux similaires.

IV. LANCEMENT DE LA MISE EN PLACE DU SYSTEME 1 (Verger 7 et 8)

Comme expliqué précédemment, et en plus de la conception théorique des systèmes, l'étude comportait une partie mise en place. Le commanditaire souhaitait en effet que l'implantation des cacaoyères puisse être lancée à l'issue de l'étude. La partie mise en place se déroulant en parallèle de l'étude, il a été nécessaire de gérer de front le développement du raisonnement, la réalisation concrète sur le terrain et la supervision des équipes chargées d'une partie des réalisations.

Pendant la durée du stage, il a été possible de mettre en place deux phases nécessaires à l'implantation des cacaoyères :

- La pépinière
- La préparation des parcelles

Ce sont ces deux parties que nous développerons dans ce chapitre.

1. Phase de pépinière

Comme développé dans le chapitre intitulé « Choix et description des parcelles à exploiter », seuls les systèmes 1 et 2, correspondant aux parcelles Verger 7, Verger 8 et Coulon 9 avaient été sélectionnés par le commanditaire pour la première phase d'implantation. Au moment du choix des parcelles, l'étude n'était pas encore assez avancée pour formuler un choix définitif. Vu l'urgence de démarrer la production des plants et de respecter les délais de plantation imposés par le commanditaire, c'est sur la base de ce premier choix que nous avons dimensionné la pépinière et défini le nombre de plants à produire.

Par la suite, et au fur à mesure de l'avancement de l'étude, il est apparu préférable de réaliser la mise en place du système 2 (Coulon 9) en deux phases, comme cela a été développé dans le chapitre précédent. Elle a donc été éliminée des parcelles à préparer pendant la durée de l'étude.

La phase pépinière s'est déroulée comme suit :

Tableau 30. Calendrier de réalisation de la pépinière.

| Mois | AVRIL | | | | MAI | | | | JUN | | | | JUILLET | | | | AOÛT | | | | SEPTEMBRE | | | | |
|-----------------------------|-------|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|---------|----|----|----|------|----|----|----|-----------|----|----|----|----|
| N° Semaine | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| Tâches | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Création et suivi pépinière | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montage structure | | | | | | | | ↔ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ecabossage + semis | | | | | | | | ↔ | ↔ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Remplissage sachets | | | | | | | | ↔ | ↔ | ↔ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Transplantation | | | | | | | | | | | | | | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ |
| Suivi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

• Un emplacement stratégique pour la surveillance et la sécurité

Bien qu'il n'en soit pas fait mention dans le calendrier, la première étape préalable au montage de la structure de la pépinière a été le choix du terrain.

L'emplacement de la pépinière devait initialement se situer sur un emplacement des jardins de la plantation où l'eau ne pouvait stagner du fait de la topographie du terrain. Afin de faciliter la surveillance et limiter les risques de perte dus aux potentiels vols, l'emplacement de la pépinière a été modifié. Il a été préféré un terrain plus proche des infrastructures, bien que la topographie inclut des risques de stagnation d'eau par endroits.

De fait, l'emplacement ayant été modifié, il a été nécessaire de créer des aménagements (canaux de drainage) afin de permettre à l'eau de circuler et limiter le développement de maladies potentielles au sein de la pépinière.

L'emplacement de la pépinière a été voulu près d'un point d'eau facilement accessible afin de pouvoir arroser les jeunes plants, principalement, en amont de la germination et quelques semaines après le stade de la levée. En fonction de la date de plantation, les pluviométries régulières et abondantes sur la commune du Gros Morne subviennent aux besoins en eau des jeunes plants.

- **Une structure**

Le model retenu pour la structure de la pépinière s'est basé une fabrication simple conçue à partir de matériaux locaux comme le suggère Edoh Ababe et al. (2014). La structure, basée sur ce model a donc été réalisée en bambou, sur laquelle a été placé une toile d'ombrage laissant filtrer 50% de la lumière.

Ainsi, et en vu d'accueillir 2000 plants il est conseillé de construire une ombrière d'une superficie de 80m². Dans notre cas, étant donné le caractère inondable du terrain sur lequel elle est bâtie, cette surface a été doublée. De cette façon, les canaux de drainage pourront être modifiés en fonction du degré de gravité de stagnation de l'eau.



Figure 29. La structure de la pépinière : une minimisation des coûts.

- **Choix des semences**

Selon le choix stratégique de la Plantation Saint Etienne, il a été décidé d'implanter une diversité de variétés au sein des cacaoyères sans distinctions particulières.

Les semences utilisées pour la première phase d'implantation ont été achetées à un producteur situé sur le Lamentin et sont de variété Amelonado. Les prochaines acquisitions de semence se feront au grès des disponibilités et principalement au sein du réseau des producteurs membres de l'association Valcaco sans distinction de la variété.

Vu les superficies potentielles à implanter, et vu les calculs de densité précédemment effectués, la pépinière doit pouvoir accueillir 1117 plants. Il est toutefois recommandé d'augmenter ce nombre théorique de 15% à 20% afin de prévenir les pertes durant la phase de pépinière et post plantation. Ainsi le nombre de plants à planter est de 1340 plants. Dans les faits, sachant qu'une cabosse contient entre 30 et 50 fèves et qu'il faudrait entre 45 et 22 cabosses pour atteindre le nombre de plants voulus nous avons fait le choix de limiter les risques de ne pas atteindre le nombre escompté en prenant comme référence la valeur basse du rendement par cabosses. Ainsi, nous avons semé près de 2000 cacaoyers.

- **Le pain de coco : la réponse à une pénurie**

Face à la volonté du commanditaire de débiter la pépinière durant l'étude et avant la fin de la phase production estivale (fin mai / début juin) et en raison d'un problème d'approvisionnement en sachet de pépinière à la même période, les plants ont du subir une transplantation durant la phase pépinière.

En effet, la quantité de sachets n'étant pas disponibles dans les délais impartis pour la mise en place de la pépinière, il a été nécessaire d'avoir recours à un autre substrat : la paille de coco recyclée. La paille coco est utilisée par les maraîchers pour la production légumière comme substrat en fertirrigation. Elle se présente sous la forme de pain de coco (L=1m ; l=20cm ; H=10cm) et peut être réutilisée à la suite d'une production de légumes. Bien que potentiel réservoir de pathogènes, dont les maladies fongiques, le pain de coco s'est révélé être la solution préférée du fait de sa disponibilité et de sa gratuité, étant donné qu'il s'agit de pains de coco recyclés.



Figure 30. Les cacaoyers se développent dans les « pains de coco ».

Du fait de l'épaisseur restreinte de 10cm environ, le pain de coco ne peut servir de contenant pour toute la durée de la pépinière, la profondeur d'un sachet étant généralement située dans les 25-30cm, permettant ainsi au système racinaire et plus particulièrement au pivot du cacaoyer de se développer dans de bonnes conditions.

Les fèves ont donc été dans une première phase semées dans les pains de coco, laissant ainsi le temps de réceptionner et de remplir les sachets dédiés à la phase pépinière. Cette opération étant initialement prévue 3 semaines après le semis.

- **Composition du substrat**

Le substrat contenu dans les sachets de pépinière est le résultat d'un mélange de deux terres aux caractéristiques distinctes. En effet il est préconisé d'utiliser comme substrat la terre issue de la future cacaoyère afin que les plants s'adaptent plus facilement à leur futur environnement (Edoh Ababe et al., 2014) notamment lors de leur transplantation.

C'est pourquoi il a été préféré l'utilisation de la terre issue de la parcelle Verger 8, qui sera la première plantée et la plus accessible. Cette terre n'étant pas toujours facile à travailler, du fait de son caractère argileux, et les moyens humains et matériels pour la récupérer disponible quelques heures par semaine, il a été décidé d'utiliser, en mélange, une terre plus facilement accessible, d'avantage sableuse. De plus, sur cette terre avait été stocké quelques mois auparavant de la fiente de poule, ce qui a permis d'obtenir un substrat enrichi et plus facile à travailler.

- **Transplantation**

L'étape de transplantation des pains de coco vers les sachets de pépinière était prévue, lors du démarrage de la pépinière, 3 semaines après le semis des fèves dans les pains de coco. Malheureusement, même si cet objectif a pu être tenu sur une partie des plants, un problème de disponibilité de la main d'œuvre n'a pas permis de réaliser une transplantation rapide. En effet, pour quelques 600 plants, la transplantation ne s'est faite que très tardivement, presque 3 mois après le semis. Les racines pivots des plants ayant atteint le fond des pains de coco, se sont enroulées en forme de spirale. Les plants ont tout de même été transplantés mais une attention particulière doit tout de même leur être portée.

- **Des résultats jugés satisfaisants malgré les contraintes**

2000 fèves ont été semées entre le 25 mai et le 28 mai. Après 3 semaines et un arrosage quotidien, le taux de germination était de 80,6% et n'a pas progressé davantage.

Parmi les plants ayant atteints la phase de levée, seule une vingtaine sont morts du fait d'attaques de ravageurs sur toute la durée de la pépinière.

Néanmoins, du fait d'un retard dans la transplantation, imputable à un problème de main d'œuvre, près d'un tiers des plants ont été transplantés 3 mois après le semis. Induisant des risques potentiels de malformation ou de mauvais enracinement pour les cacaoyers concernés. Ces plants ne seront donc pas implantés sur les parcelles.

Mis à part les cacaoyers transplantés tardivement, aucune carence visible n'a été observée.



Figure 31. De jeunes plants vigoureux sans carences visibles.

2. Phase de préparation des parcelles

La phase de préparation des parcelles a suivi les recommandations présentées dans la partie aménagement du système 1 et s'est déroulée successivement sur les deux parcelles Verger 7 et Verger 8 de la façon suivante :

- **Suppression de la végétation basse sur la parcelle Verger 7**, cette étape a été démarrée au début de l'étude afin de rendre la parcelle accessible et de visualiser sa composition. La parcelle Verger 8 n'a pu être ouverte à cette étape du fait de sa difficile accessibilité
- **Seconde suppression de la végétation basse**, au mois d'août afin d'extraire des parcelles les roches et de supprimer la végétation basse des deux parcelles pour permettre d'améliorer l'accès la visibilité sur les arbres qui les composent. Cette partie étant importante car permettant la sélection des arbres à abattre pour préparer la phase d'éclaircissement
- **Coupe des touffes de bambous**, afin de libérer de l'espace et modifier le climat de la parcelle. Les touffes de bambous ont été préservées sur l'ensemble des parcelles sur demande du commanditaire et ce dans le but de préserver les qualités esthétiques des parcelles
- **Eclaircissement**, cette phase, la plus importante, a consisté à la sélection puis l'abattage de certains arbres dans le but de respecter les densités préconisées et instaurer sur les parcelles un ombrage homogène
- **Préparation du sol**, le travail du sol dans ces systèmes répond à deux objectifs 1) La préparation du lit de semence pour l'installation de la plante de couverture 2) Le décompactage du sol en réponse à la préparation mécanique effectuée, en effet, pour une plus grande rapidité et efficacité, la préparation de la parcelle s'est faite à l'aide d'une pelle mécanique
- **Installation des lignes de plantation**, pour faciliter le travail des planteurs et pour fournir un exemple concret aux équipes de la Plantation Saint Etienne, ont été installé des lignes de plantation où l'emplacement de chaque cacaoyer a été matérialisé par un piquet



Figure 32. La préparation des parcelles : de leur état initial à final

C'est cette dernière étape, préalable à l'implantation du système, qui a été réalisée durant l'étude.

V. CONCLUSION ET LIMITES DE L'ETUDE

En réponse aux caractéristiques et spécificités des parcelles présentées à l'étude, trois systèmes ont pu être conçus. Les trois systèmes, représentant respectivement, une implantation de cacaoyère en sous bois existant, une implantation d'ombrage sur un terrain nu et un système complet requérant un ombrage et l'implantation de haies brise-vent, semblent proposer des solutions à un panel non exhaustif de situations que pourrait rencontrer la Plantation Saint Etienne.

Cependant, lié au fait qu'au sein d'un système agroforestier, qui est par définition complexe, on ne peut maîtriser l'ensemble interactions potentielles. De fait, les systèmes proposés ont l'ambition de répondre au mieux aux attentes du commanditaire en intégrant les contraintes du milieu, et non d'obtenir une rentabilité maximale de la production.

Alors que le premier, système en implantation de cacaoyers sous ombrage existant, s'avère relever peu de contraintes, ce n'est pas cas des haies brise-vent, et des essences qui les composent. Le choix des composantes, pour ce dernier système n'a pu se limiter au choix des essences les plus optimales car présentant de fortes contraintes et étant non recommandées dans la bibliographie récente.

A la demande du commanditaire, le démarrage précoce de l'un des systèmes a été mené, et a permis d'adapter les techniques proposées en fonction des réalités terrain que représentent les environnements économiques et sociaux propre à la Martinique. La prise de recul dégagée par cette expérience pratique a également permis de compléter les connaissances et expériences des équipes de la Plantation Saint Etienne quant à ce nouveau mode de culture qu'est l'agroforesterie, intégré dans un système où la monoculture prévaut.

L'étude a permis de montrer que le développement du cacao dans un mode de culture complexe telle que l'agroforesterie ne peut se résumer en la standardisation d'un seul système. Il doit être le résultat d'une analyse adaptée et concrète de chaque situation rencontrée afin de s'insérer au mieux dans son environnement en y intégrant toutes les contraintes qui y sont liées.

VI. BIBLIOGRAPHIE

- Bastide, P.** 2016. Entretien téléphonique avec Mr. P. Bastide (Dr. En Biochimie et Physiologie, expert cacao au CIRAD) réalisé le 16 Avril 2016
- Brochard, F., Oberlis, E., Guerrere, V., Miss, F.** 2013. Systèmes agroforestiers en Guyane – Principes, Exemples et Aide à la décision. France : Agrofor-Bio, 36 p.
- Braudeau, J.** 1969. Le cacaoyer. France : Ed. G.P. Maisonneuve et Larose, 304 p.
- Bois et Forêts des Tropiques.** 1961. Casuarina equisetifolia foster – Caractères sylvicoles et méthodes de plantation. *Bois et Forêts des Tropiques*, 79 (Septembre-Octobre 1961) : 7 p.
- CIRAD-GRET.** 2009. Le memento de l'agronome. France : Ed Quae, 1962 p.
- Dambas, T.** 2013. Petit guide pratique des couverts végétaux. France : IT2, 71 p.
- De Saint Sauveur, A., Broin, M.** 2010. Produire et transformer les feuilles de moringa. Paris, France : Moringnews, 36 p.
- Deheuvels, O.** 2011. Compromis entre productivité et biodiversité sur un gradient d'intensité de gestion de systèmes agroforestiers à base de cacaoyers de Talamanca, Costa Rica. Montpellier : SUPAGRO, 185 p. Thèse de Doctorat.
- Dounias, I.** 2001. Les systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales. France : CNEARC Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes, 164 p.
- Dumbardon-Martial, E.** 2014. La mort silencieuse des immortelles. *Insectes*, 20 (174) : 4 p.
- Dupraz, C., Liagre, F.** 2008. Agroforesterie des arbres et des cultures. France : Editions France Agricole, 413 p.
- Edoh Adabe, K., Ngo-Samnick, E.L...** 2014. Production et transformation du cacao. Pays-bas : Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, 44 p.
- Gervais, L.** 2016. Entretien avec Mr. L. Gervais (Master's degree Gestion Systèmes agro-sylvopastoraux en zones tropicales, Ingénierie agricole, Soil Conservation Agriculture Manager chez Institut Technique Tropical (IT2), réalisé le 29 Avril 2016 à Le François (Martinique).
- Agresy, GraphAgri Regions.** 2014. Statistiques agricoles de la Martinique. France : Ministère de l'Agriculture, 8 p.
<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Gar14p252-259.pdf>
- Hallé, F.** 1986. Un système d'exploitation ancien, mais une interface scientifique nouvelle : l'agroforesterie dans les régions tropicales. *In* : Collectif. *Milieux et paysages*. France : Masson, pp 37-54.

- Hornus, P., Snoeck, D...** 2010. Le diagnostic sol et la fertilisation du cacaoyer. Montpellier, France : CIRAD, 9 p.
- IT2a.** 2014. Contrôle des cercosporioses du bananier. In : IT2. *Manuel du planteur*. France : IT2, 4 p.
<http://www.it2.fr/documentation/manuel-du-planteur-fr>
- IT2b.** 2014. *Drymaria cordata*. In : IT2. *Manuel du planteur*. France : IT2, 4 p.
<http://www.it2.fr/documentation/manuel-du-planteur-fr>
- IT2c.** 2014. Les crotalaires. In : IT2. *Manuel du planteur*. France : IT2, 6 p.
<http://www.it2.fr/documentation/manuel-du-planteur-fr>
- Impact37.** 2009. Fiche technique agroforesterie. France : Impact37, 5 p.
www.inpact37.org/images/Fiche_technique_agroforesterie.pdf
- Jagoret, P., Deheuvels, O., Bastide, P.** 2014. Production durable du cacao – s’inspirer de l’agroforesterie. Paris, France : CIRAD, 4 p.
- Kouadio, K.K.H,** Doudou, D.T., Tschannen, A., Dao, D., Girardin, O.. 2011. Techniques agroforestières à base de *Gliricidia sepium* à l’Est de la Côte d’Ivoire : impacts et perspectives. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **11** (1) : 1374-1379.
- Labant, P.,** 2009. Guide technique : Principes d’Aménagement et de Gestion des Systèmes Agroforestiers. France : AFAHC, 40 p.
- Leconte, H.,** Chalot, C.. 1897. Le cacaoyer et sa culture. Paris, France : Geoges Carré et C. Naud Editeurs, 137 p.
- Lisan, B.,** 2011. Fiche présentation arbre : *Casuarina equisetifolia*, L 1759 (Filao). France : Lisan B., 6 p.
- Lisan, B.,** 2011. Fiche présentation arbre : *Gliricidia sepium* . France : Lisan B., 13 p.
- Mossu, G.** 1990. Le cacaoyer. Paris, France : Maisonneuve et Larose, 82 p (Le technicien d’agriculture tropicale).
- Mourichon, X.** 1995. Les cercosporioses des bananiers et plantains : éléments sur la biologie des interactions et les stratégies de lutte. In : Savary S., *Modélisation en protection des cultures*. France : IRD Editions, 9 p.
- Nair, P.K.R.** 1979. Intensive Multiple Cropping with Coconuts in India. Germany : Verlag Paul Parey, 149 p.
- OIT.** 2013. Manuel du producteur relais sur les techniques d’accroissement de la productivité du cacao. Genève, Suisse : Organisation Internationale du Travail, 11 p.
- Saffache, P.,** Blanchart, E., Cabidoche, Y.M, Josien, E., Michalon, T., Saudubray, F., Scherer, C.. 2005. Contexte de l’agriculture martiniquaise : atouts et contraintes pour l’agriculture biologique. In : Collectif, *Agriculture biologique en Martinique*. France : IRD Editions, 41 p.

- Soltner, D.** 1988. L'arbre et la haie pour la production agricole, pour l'équilibre écologique et le cadre de vie rurale. France : Sciences & Techniques Agricoles, 208 p.
- Whisler, W.A.,** Elevitch, C.. 2006. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry - *Casuarina equisetifolia* (beach she-oak) *C. cunninghamiana* (river she-oak). Hōlualoa, Hawaiï, USA : Permanent Agriculture Resources (PAR), 16 p.
- Whisler, W.A.,** Elevitch, C.. 2006. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry - *Erythrina variegata* (coral tree) Fabaceae (legume family). Hōlualoa, Hawaiï, USA : Permanent Agriculture Resources (PAR), 16 p.
- Whisler, W.A.,** Elevitch, C.. 2006. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry - *Erythrina variegata* (coral tree) Fabaceae (legume family). Hōlualoa, Hawaiï, USA : Permanent Agriculture Resources (PAR), 16 p.
- Wright, H.** 1999. Cocoa or *Theobroma cacao* – Its botany, cultivation, chemistry and diseases. Dehli : Ed Biotech Books, 249 p.