



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR AGROFORESTERIE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE : 2020-2021

N° D'ORDRE : 038

THESE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et foresterie tropicale

Spécialité : Agronomie système

**Caractérisation des systèmes de production impliquant
l'hévéa dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire : Etude des
performances agro-économiques de l'association
permanente hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) –
caféier (*Coffea canephora* Pierre ex. Froehner)**

CANDIDAT

Nom : KOUADIO

Prénoms : Yao Didier Marius

JURY

Président : M. AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire, Université
Jean Lorougnon Guédé

Co-Directeur : M. KOUASSI Kouadio Henri, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Co-Directeur : M. KELI Zagbahi Jules, Directeur de Recherche, Centre
National de Recherche Agronomique

Rapporteur : M. KOUASSI N'dri Jacob, Maître de Conférences, Université
Jean Lorougnon Guédé

Examineur : M. AYOLIE Koutoua, Maître de Conférences, Université Jean
Lorougnon Guédé

Soutenue publiquement

le : 16 Octobre 2021

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
DEDICACE.....	viii
REMERCIEMENTS	ix
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	xiii
LISTE DES TABLEAUX.....	xvi
LISTE DES FIGURES.....	xviii
LISTE DES ANNEXES	xxii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	6
1. Généralités sur l'hévéa	7
1.1. Origine de l'hévéa	7
1.2. Botanique du genre <i>Hevea</i>	7
1.3. Biologie de <i>Hevea brasiliensis</i>	8
1.3.1. Feuilles, fleurs et fruits	9
1.3.2. Enracinement	11
1.4. Récolte du latex	12
1.5. Ecologie de l'hévéa	15
1.5.1. Climat	15
1.5.1.1. Température et ensoleillement	15
1.5.1.2. Pluviosité.....	15
1.5.1.3. Vent.....	16
1.5.2. Sols	16
1.5.2.1. Topographie	16
1.5.2.2. Profondeur.....	16
1.5.2.3. Qualité physique	16
1.5.2.4. Composition chimique	17
1.6. Maladies et ennemis de l'hévéa	17
1.7. Intérêts socio-économiques et impacts environnementaux de l'hévéaculture	18
1.7.1. Intérêts socio-économiques	18

1.7.2. Impacts environnementaux de la culture d'hévéa	19
1.8. Données statistiques mondiale, africaine et ivoirienne	20
1.8.1. Données statistiques dans le monde	20
1.8.2. Données statistiques en Afrique	20
1.8.3. Données statistiques en Côte d'Ivoire	21
2. Généralités sur le caféier	22
2.1. Origine du caféier.....	22
2.2. Botanique du caféier.....	22
2.3. Biologie du caféier	23
2.4. Ecologie du caféier.....	27
2.4.1. Climat	27
2.4.1.1. Température	27
2.4.1.2. Pluviosité.....	27
2.4.1.3. Vent.....	28
2.4.2. Sols	28
2.4.2.1. Topographie du terrain.....	29
2.4.2.2. Profondeur du sol.....	29
2.4.2.3. Qualité physique du sol.....	29
2.4.2.4. Composition chimique des sols	29
2.5. Maladies et ennemis du caféier	29
2.6. Intérêts du caféier	31
2.7. Données statistiques sur le caféier	32
2.7.1. Données statistiques dans le monde	32
2.7.2. Données statistiques en Afrique	32
2.7.3. Données statistiques en Côte d'Ivoire	33
3. Généralités sur les systèmes de culture à base d'hévéa	34
3.1. Définition	34
3.1.1. Système de cultures	34
3.1.2. Système de culture à base d'une spéculation principale.....	34

3.1.3. Culture pure	35
3.1.4. Cultures associées	35
3.2. Etat de connaissance sur les systèmes de culture à base d'hévéa	37
3.2.1. Quelques associations hévéa - culture pérenne et leur compétition	38
3.2.1.1. Cacao.....	38
3.2.1.2. Café.....	38
3.2.2. Quelques associations hévéa – cultures vivrières.....	39
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	40
1. Zone d'étude.....	41
1.1. Site de Man.....	41
1.1.1. Présentation administrative et situation géographique	41
1.1.2. Milieu naturel	42
1.1.2.1. Climat.....	42
1.1.2.2. Végétation et faune	43
1.1.2.3. Relief.....	44
1.1.2.4. Hydrographie	44
1.1.2.5. Sols.....	44
1.1.3. Activités agricoles	44
1.1.3.1. Population et activités agricoles.....	44
1.1.3.2. Potentialités et contraintes agricoles de la région	45
1.2. Site de San-Pedro (Ex HEVEGO, actuel SCASO)	47
1.2.1. Présentation administrative et situation géographique	47
1.2.2. Milieu naturel	47
1.2.2.1. Climat.....	47
1.2.2.2. Végétation	49
1.2.2.3. Relief.....	49
1.2.2.4. Hydrographie	50
1.2.2.5. Sols.....	50

1.2.3. Population et activités agricoles	50
1.2.3.1. Population	50
1.2.3.2. Activités agricoles.....	51
2. Matériel	51
2.1. Matériel d'enquête.....	51
2.2. Matériel végétal.....	52
2.3. Matériel technique.....	52
3. Méthodes	54
3.1. Place de l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest de la Côte d'Ivoire.....	54
3.1.1. Enquête préliminaire.....	54
3.1.2. Echantillonnage	54
3.1.3. Enquête de terrain	55
3.2. Description du dispositif expérimental	56
3.3. Conduite de l'essai	61
3.3.1. Préparation du terrain	61
3.3.2. Mise en place du dispositif expérimental	61
3.3.3. Suivi de l'essai.....	61
3.4. Collecte de données sur l'essai.....	63
3.4.1. Données collectées sur l'hévéa.....	64
3.4.1.1. Relevé complet (RC).....	64
3.4.1.2. Croissance isodiamétrique du tronc	64
3.4.1.3. Relevé d'encoche sèche (RES)	64
3.4.1.4. Production de caoutchouc	65
3.4.1.5. Dosage des paramètres physiologiques du latex ou micro diagnostic latex (MDL)	66
3.4.2. Données collectées sur le caféier	68
3.4.2.1. Relevé complet.....	68
3.4.5.2. Production de cerises de café	68
3.4.3. Données économiques collectées	68

3.4.3.1. Coût de production.....	68
3.4.3.2. Rendement	69
3.4.3.3. Prix.....	69
3.4.3.4. Rentabilité économique	69
3.5. Traitement des données collectées	70
3.5.1. Analyses statistiques.....	70
3.5.2. Cas particulier du Taux de Surface Equivalente (TSE) ou Land Equivalent Ratio (LER).....	70
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	72
CHAPITRE I : PLACE DE L'HÉVÉA DANS LES SYSTÈMES DE PRODUCTION.....	73
Introduction partielle	73
1.1. Résultats	73
1.1.1. Identification des hévéaculteurs enquêtés dans la région semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire.....	73
1.1.1.1. Origine	73
1.1.1.2. Genre.....	74
1.1.1.3. Age.....	75
1.1.1.4. Niveau d'étude	75
1.1.1.5. Activités des hévéaculteurs enquêtés.....	76
1.1.2. Motivation des enquêtés vis-à-vis de l'hévéaculture.....	77
1.1.3. Ressources des hévéaculteurs de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire.....	79
1.1.3.1. Ressources foncières et mode d'acquisition	79
1.1.3.2. Ressource humaine	81
1.1.3.3. Nombre de plantations d'hévéa par paysan	83
1.1.4. Système de production.....	83
1.1.4.1. Diversification des cultures.....	83
1.1.4.2. Place de l'hévéa dans les systèmes de production	85
1.1.5. Période d'implantation et superficie des parcelles d'hévéa.....	86
1.1.6. Conduite des plantations.....	88

1.1.6.1. Précédents culturaux	88
1.1.6.2. Clones d'hévéa plantés	89
1.1.6.3. Matériel végétal de plantation.....	89
1.1.6.4. Densité de plantation des hévéas	90
1.1.6.5. Associations culturelles impliquant l'hévéa	91
1.1.6.6. Entretien des parcelles	94
1.1.6.7. Récolte du latex.....	96
1.1.7. Contraintes liées au développement de l'hévéaculture dans la région	100
1.2. Discussion	102
1.2.1. Identification des hévéaculteurs	102
1.2.2. Motivation des enquêtés vis-à-vis de l'hévéaculture.....	103
1.2.3. Ressources des hévéaculteurs de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire.....	104
1.2.4. Système de production.....	105
1.2.5. Période d'introduction et superficie des parcelles d'hévéa	106
1.2.6. Conduite des plantations.....	107
Conclusion partielle.....	112
CHAPITRE II : PERFORMANCES AGRONOMIQUES DE L'ASSOCIATION HÉVÉA- CAFÉIER	113
Introduction partielle	113
2.1. Résultats	113
2.1.1. Performances agronomiques du caféier.....	113
2.1.1.1. Relevé d'existence des cafés.....	113
2.1.1.2. Production caféière	114
2.1.2. Performances agronomiques de l'hévéa	116
2.1.2.1. Relevé d'existence des hévéas immatures	116
2.1.2.2. Relevé d'existence des hévéas matures	117
2.1.2.3. Croissance des hévéas.....	118
2.1.2.4. Production de caoutchouc des hévéas.....	119

2.1.2.5. Micro Diagnostic Latex (MDL).....	121
2.1.3. Evaluation du Land Equivalent Ratio (LER)	122
2.2. Discussion	124
2.2.1. Performance agronomique du caféier.....	124
2.2.2. Performance agronomique de l'hévéa	125
2.2.3. Evaluation du Land Equivalent Ratio (LER) de l'association hévéa-café	128
Conclusion partielle.....	128
CHAPITRE III : RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DE L'ASSOCIATION HÉVÉA-CAFÉIER	
CAFÉIER	129
Introduction partielle	129
3.1. Résultats	129
3.1.1. Coût de production	129
3.1.1.1. Coût du matériel végétal	129
3.1.1.2. Coût des intrants et des équipements de saignée	130
3.1.1.3. Coût de la main d'œuvre.....	131
3.1.1.4. Coût total de production des spéculations de chaque traitement	132
3.1.2. Recettes d'exploitation des traitements	133
3.1.3. Rentabilité économique	134
3.2. Discussion	136
3.2.1. Coût de production	136
3.2.2. Recettes d'exploitation	137
3.2.3. Rentabilité économique	137
Conclusion partielle.....	138
CONCLUSION GENERALE	139
RECOMMANDATIONS.....	142
REFERENCES.....	143
ANNEXES	a
PUBLICATIONS	o

DEDICACE

Ce travail de thèse n'aurait connu d'aboutissement sans la confiance, l'amour et le soutien de ma famille. Je le dédie notamment à :

mon père Feu YAO Kouadio à qui je rends un vibrant hommage. Papa, veuillez trouver ici l'expression de ma profonde admiration ;

ma mère KOUAKOU Amenan à qui je dois le mérite de ce travail. Maman, veuillez trouver ici toute ma gratitude pour ton courage, ton abnégation, ton soutien et ton amour indéfectible ;

mes frères KOUADIO Kouamé Serge Alain, KOUADIO N'Guessan Armand et KOUADIO N'Dri David ;

mes sœurs KONAN Adjoua Valentine Epse, N'GORAN et ALONLE Aundjuè Salomé Yandry ;

ma dulcinée KOUASSI Linda Charlène.

Je dédie aussi cette thèse à Feux KOUASSI Kouakou Silvain et N'DRI Stéphane Yao, mes défunts amis et frères. Que leur âme repose en paix.

Que Dieu TOUT-PUISSANT trouve ici l'expression de mon infinie gratitude pour m'avoir permis d'achever ce travail !

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le souci d'assurer une agriculture diversifiée et durable en Côte d'Ivoire. La réalisation de ce travail a été la résultante des efforts conjugués de plusieurs personnes morales et physiques. Avant d'exposer les résultats de nos travaux, il nous appartient de manifester notre infinie reconnaissance à toutes ces personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à leur progression et consolidation tant moralement que matériellement. Certaines institutions et/ou personnes pourraient trouver peu ou pas justes, peu ou pas appropriés, les termes que nous utiliserons pour leur exprimer notre gratitude. Si c'est le cas, qu'elles veuillent bien nous en excuser, car une chose est de penser à le faire, mais une toute autre est de bien le faire.

Cette thèse de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) ayant été réalisée en partenariat avec le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), nos premiers mots de remerciements sont adressés aux premiers responsables de ces deux structures à savoir :

Mme TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE, Professeur Titulaire, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, pour avoir autorisé l'exécution de ce travail.

M. YTE Wongbé, Directeur de Recherches, Directeur du Centre National de Recherche Agronomique pour avoir permis que sa structure soit partie prenante de cette thèse.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit de :

M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire, Vice-Président de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Chargé de la Pédagogie, de la Vie universitaire, de la Recherche et de l'Innovation pour avoir été toujours attentifs à nos préoccupations.

M. AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur titulaire, Vice-Président de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Chargé de la Programmation, de la Planification et des Relations Extérieures pour ses encouragements et pour l'honneur qu'il me fait en présidant le jury chargé d'évaluer ce travail.

Mme TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences, Directrice de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé et M. BEUGRE Avit Grah Maxwell, Professeur titulaire, Directeur du Laboratoire d'Agrovalorisation, pour leurs disponibilités chaque fois que nous avons eu à les solliciter pour des questions administratives.

Mme Yebouet Lucie ; Maître de Conférences, Directrice du conseil scientifique et son équipe pour avoir examiné le travail.

M. BOUET Alphonse ; phytopathologiste, Maître de recherche, Directeur Régional du Centre National de Recherche Agronomique de Man pour nous avoir reçu dans sa structure.

M. LEGNATHE Hyacinthe, Chargé de Recherche, Directeur de la Station de Recherche de Man de nous avoir accueilli dans sa station.

Ce mémoire n'aurait pu être effectif sans le soutien moral, matériel et la disponibilité de deux personnes de bonnes volontés :

A vous M. KOUASSI Kouadio Henri, Maître de conférence à l'UJLoG, qui, malgré vos nombreuses charges, avez accepté d'assurer la direction scientifique de ce travail. Vous avez su nous inculquer votre souci de rigueur scientifique. Par vos conseils constants et éclairés, votre grande compétence, votre dynamisme et polyvalence scientifique et vos cours dispensés, vous nous avez permis d'avoir un amour pour l'étude des espèces ligneuses. Les discussions fructueuses que nous avons eues lors de nos échanges et vos conseils ont été pour nous une source de motivation. Nous voudrions vous dire merci pour tous les efforts que vous avez consentis pour la réalisation de ces travaux.

A vous M. KELI Zagbahi Jules, Directeur de Recherche, ex Directeur Régional du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Man et co-Directeur de ce travail. Merci pour votre générosité, votre promptitude, votre diligence et votre engagement personnel et inconditionnel pour la réalisation des travaux. Comme un père, vous nous avez fait bénéficier de vos enseignements, vos conseils, votre rigueur scientifique et des fonds nécessaires pour notre survie et la réalisation des travaux. Vous avez, en outre, facilité notre intégration au sein de l'équipe de recherche du CNRA de Man, durant notre période de stage. Par votre grande rigueur et votre large ouverture, vous avez toujours su nous faire partager votre longue expérience en matière de recherche hévéicole. Chercheur dévoué, vous nous avez insufflé le goût du travail bien fait. Merci pour vos encouragements, votre soutien indéfectible à tous les niveaux et pour vos « coups d'œil de chercheur » qui nous ont permis de valoriser les résultats de ce travail. Les qualités humaines, que vous nous avez toujours témoignées, depuis le Master où vous nous avez fait découvrir le « monde merveilleux des systèmes de culture », nous ont été très bénéfiques. Les mots ne sont certainement pas assez forts pour vous exprimer notre gratitude et notre reconnaissance mais sachez que vous avez œuvré pour la formation d'un disciple.

Je voudrais en toute modestie remercier M. KOUASSI N'dri Jacob, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé, qui me fait l'honneur d'être le rapporteur de cette thèse.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de M. AYOLIE Koutoua Constant, Maître de conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé et M. BROU Yao Casimir, Maître de Conférences à l'Institut National Polytechnique Houphouët Boigny (INPHB) pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Nous tenons à remercier M. OBOUAYEBA Samuel ; Directeur de recherche (CAMES et CNRA) au CNRA de Bimbresso, M. N'CHO Achiayé Ludovic ; ex Directeur de la station du CNRA de Man, M. BAHAN Frank Michael Lemonou, pédologue, Attaché de recherche, M. NOUMOUHA Epa N'da Ghislain, généticien, Attaché de recherche, M. AÏDARA Sékou, Ingénieur de recherche à la retraite, M. AMANI Konan, Ingénieur de recherche, l'ensemble des chercheurs des programmes Riz et CACO, M. DJIDJA N'dri Alphonse, ex Chef du Service Administratif et Financier (CSAF) du CNRA de Man, M. NIANZOU Hugues, actuel CSAF du CNRA Man, M. KARIDIOULA Gabehonri, Chef de Division et d'Exploitation (CDEx) de la station de recherche de Man, l'ensemble du personnel technique et administratif de la Direction Régionale du CNRA de Man, pour leur soutien et contribution à la réussite de notre stage, ainsi que M. MAHYAO Adolph, Maître de recherche, Directeur de la station de recherche du CNRA de Gagnoa, M. ESSEHI Jean Lopez, Attaché de recherche au CNRA de Bouaké et M. DJEZOU Konan, Attaché de recherche au CNRA de Bimbresso.

Nous témoignons toute notre gratitude à Messieurs YAO Moïse de la SAPH Man, KOTO Benoit de SCASO et SOKOURY de l'ANADER ainsi que tout leur personnel qui nous ont vivement apporté leur soutien tout le long de ce travail. Nous témoignons également notre reconnaissance à Mme BOKO Marie-Chantal de l'APROMAC.

Nous adressons nos sincères remerciements à M. SOUMAHIN Eric Francis, Maître-assistant à l'UJLoG, responsable du parcours Bioressources-agronomie, à MM. SAGNE Yao Charles et KOUAME Benjamin, tous Maître de conférences à l'UJLoG, pour leurs conseils avisés.

A tous les nouveaux docteurs de l'UJLoG et particulièrement à M. AMANI Kouadio pour votre soutien sans faille. Vous n'avez ménagé aucun effort à nous encadré tant dans la vie active qu'estudiantine et avez nourri le goût de la recherche en nous. Vous nous avez contaminé par votre sens du sacrifice dans l'optique de produire un travail dans le délai imparti. Très cher tuteur et doyen, soyez infiniment remercié.

A tous les étudiants de la promotion de Master (2015-2016) du parcours "Agriculture et Foresterie", (actuel bioressource-agronomie) et particulièrement à MM M'BRA Koffi

Hermann, KOUADIO N'dah Kouamé Cyriac et ADJI Béda Innocent, nous adressons nos remerciements. Puisse Dieu nous unir davantage et faire que nous réussissions tous !

A tous les stagiaires du CNRA Man, Divo et Bimbresso, nous pensons à Messieurs BOKA Arsène, KOUASSI Konan Urbain, GBEDIE Nadré, OUATTARA Yaya, KOUASSI Mahaman, TREBISSOU Inago Caudou, KOFFI Antoine, KOUADIO James, et à Mademoiselle Pulchérie, soyez remercié pour votre convivialité et votre amour du travail.

Nous ne saurions oublier nos très chers amis, Monsieur KOUAMÉ Joël, Monsieur KOFFI Konan Jean Mathias, Monsieur KOUADIO Jean Olivier, Monsieur KANGA Kouamé Denis et Madame, Monsieur N'DRI Stéphane Yao et Madame, Monsieur KONAN Yao Edouard et Madame, Monsieur YAO Kouakou Jean Luc, pour leur soutien indéfectible.

Nous tenons à dire merci à notre grande famille qui nous a toujours apporté aide et soutien. Nous pensons notamment à Monsieur et Madame ASSIÉNIN, Monsieur N'GORAN Gérard Boigny et enfants, Pasteur YAO Kouakou Sylvain et Madame, nos frères et sœurs qui n'ont pas été cités plus haut.

Nous pensons également aux membres de l'église CMA de Man et de Daloa. Il s'agit principalement de Pasteur AÏWA Henri, Pasteur YAO Konan Paul Croix, M. KOUADIO Désiré, M. YAO Simplicie. Soyez remercié pour votre soutien moral et spirituel.

Nous ne pourrions terminer nos propos sans remercier très chaleureusement Messieurs KOUADIO Kouassi Marius, DEKAO Henri Joël, YOBOUE Kouadio Gaétan, N'DRI Konan Elah Olivier, AMANI Kouadio Franck Leonel, SOUANGA Koffi Albert, KOFFI Olivier, KOUASSI Eli, KOUASSI Frédéric, ATCHELO Fabrice Stanislas, Mademoiselle KOUAME Dorcas et l'ensemble des jeunes de la Commission des élèves et étudiants pour leur sincère amitié.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

°C	: Degré Celsius
7°33'14" W	: 7 degré 33 minutes 14 seconde longitude Ouest
7°34'45" N	: 7 degré 34 minutes 45 secondes latitude Nord
Acc_n	: accroissement annuel de circonférence
AFD	: Appui à la formation et au développement
ANADER	: Agence Nationale d'Appui au Développement Rural
ANOVA	: Analyse de variance
APROMAC	: Association des Professionnels du Caoutchouc Naturel de Côte d'Ivoire
CEDEAO	: Communauté Economique Des Etats d'Afrique de l'Ouest
CER	: Cultures En Rapport
CIRAD	: Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
Circ_n	: Circonférence des arbres de la campagne en cours
Circ_{n-1}	: Circonférence des arbres de la campagne précédente
CNER	: cultures non en rapport
CNRA	: Centre National de Recherche Agronomique
DMS	: Degré Minute Seconde
DSSPHMP	: Direction des Services Socioculturels et de la Promotion Humaine de la Mairie du Plateau
ECP	: Equivalent en Culture Pure
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
FAOSTAT	: Statistiques de la FAO
FCFA	: Franc de la Communauté Financière Africaine
FIRCA	: Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles
g/pied	: gramme par pied
GT 1	: Gondang Tapen 1 (clone d'hévéa)
HEVEGO	: Société Hévéicole du Gô
ICCO	: International Cocoa Organization

ICRAF	: Centre Internationale pour la Recherche en Agroforesterie
IGT	: Institut de Géographie Tropicale
INS	: Institut Nationale des Statistiques
IRCA	: Institut de Recherche sur le Caoutchouc en Afrique (clone d'hévéa)
IRD	: Institut de Recherche pour le Développement
IRRDB	: International Rubber Research and Development Board
JBG	: Jardin à Bois de Greffe
KCl	: Chlorure de potassium
LEM	: Longueur d'encoche malade
LER	: Land Equivalent Ratio
LTEM	: Longueur Totale d'Encoche Malade
MDL	: Micro Diagnostic Latex
NPKMg	: Azote Phosphore Potassium Magnésium
NCV	: Nombre de Caféiers Vivants
NHM	: Nombre d'Hévéa Mort
NHP	: Nombre d'Hévéa Planté
NHV	: Nombre d'Hévéa Vivant
p.c.	: Pourcent
PB	: Prang Besar (clone d'hévéa)
PCa³	: Phosphore Tricalcique
PCM	: proportion de caféiers morts
pH	: potentiel d'hydrogène
PHES	: Proportion d'Hévéa avec Encoche Sèche
PHS	: Proportion d'Hévéa en Saigné
PHV	: Proportion d'Hévéas Vivants
PIB	: Produit Intérieur Brute
PPDS	: Plus petite différence significative
PR	: Proefstation voor Rubber (clone d'hévéa)
PSAC	: Programme d'appui au Secteur Agricole en Côte d'Ivoire
REEA	: Recensement des Exploitants et Exploitations Agricoles
RRIM	: Rubber Research Institute of Malaysia
RRIT	: Rubber Research Institute of Thailand
S/2 d4 6d/7 12 m/12	: Saignée en demi- spirale descendante tous les 4 j avec 1 j de repos

par semaine, 12 mois sur 12

SAPH	: Société Africaine de Plantations d'Hévéa
SCASO	: Société Civile et Agricole du Sud-Ouest
SIPH	: Société Internationale de Plantation d'hévéa
SODEFOR	: Société de Développement des Forêts
THV	: Taux d'Hévéa Vivants
TRCI	: Tropical Rubber Cote d'Ivoire
TSE	: Taux de Surface Equivalente
UJLoG	: Université Jean Lorougnon Guédé
WRB	: World Reference Base

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : nombre de plants d'hévéa et de caféier sur un hectare (ha) en fonction des traitements	60
Tableau II : fumure appliquée aux caféiers	62
Tableau III : fumure appliquée à l'hévéa	63
Tableau IV : valeurs de références des quatre paramètres physiologiques du MDL.....	67
Tableau V : prix d'achat de la production des cultures de l'essai	69
Tableau VI : réserves de terre des hévéaculteurs de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire	80
Tableau VII : statistique de l'hévéaculture dans les systèmes de production dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire (2019)	85
Tableau VIII : superficie des parcelles hévéicoles par département prospecté.....	87
Tableau IX : mesure de la profondeur de saignée (cm)	99
Tableau X : mesure de la consommation d'écorce (cm)	99
Tableau XI : répartition des blessures et état des panneaux de saignée par parcelle en production.....	99
Tableau XII : contraintes liées au système de culture à base d'hévéa dans la région de Man	101
Tableau XIII : pourcentage des caféiers morts en fonction des traitements	114
Tableau XIV : équivalence en culture pure (ECP) du relevé d'existence (RE).....	114
Tableau XV : production des caféiers suivant les traitements	115
Tableau XVI : équivalence en culture pure (ECP) de la production.....	116
Tableau XVII : évaluation du taux de survie des hévéas immatures	117
Tableau XVIII : relevé d'existence des hévéas matures suivant le traitement.....	118
Tableau XIX : évaluation de la croissance des plants d'hévéa par traitements	119
Tableau XX : production de caoutchouc par traitement	120
Tableau XXI : équivalence en culture en pure (ECP) de la production	120
Tableau XXII : évaluation des paramètres biochimiques du latex suivant les traitements....	122
Tableau XXIII : taux de surface équivalente ou the Land Equivalent Ratio (LER)	123
Tableau XXIV : quantité et coût des plants en sac utilisés par ha	129
Tableau XXV : quantité et coût des équipements de saignée	130
Tableau XXVI : quantité (Kg/Ha) et coût (FCFA) des intrants	131
Tableau XXVII : quantité et coût (FCFA) de la main d'œuvre en FCFA	132
Tableau XXVIII : coût total de production en FCFA par hectare.....	133

Tableau XXIX : recette par traitement en FCFA	134
Tableau XXX : marge brute (MB) par traitement en FCFA	135

LISTE DES FIGURES

Figure 1: feuille d'hévéa	9
Figure 2 : fruits d'hévéa	10
Figure 3 : graines d'hévéa	10
Figure 4 : parcelle d'hévéa en période de défoliation	10
Figure 5 : parcelle d'hévéa complètement refoliée	11
Figure 6 : système racinaire chez un hévéa adulte	12
Figure 7 : récolte du latex.....	13
Figure 8 : recommandation pour la conduite du panneau de saignée de l'Hévéa en Côte d'Ivoire (d4 6d/7 12 m/12)	14
Figure 9 : hévéa exploité en saignée descendante en demi-spirale	14
Figure 10 : plant de <i>Coffea canephora</i> var. Robusta âgé de deux ans	25
Figure 11 : glomérules de la variété Robusta de <i>Coffea canephora</i>	25
Figure 12 : plant de caféier fleuri de la variété Robusta de <i>Coffea canephora</i>	26
Figure 13 : fruits mûrs de la variété Robusta de <i>Coffea canephora</i>	26
Figure 14 : fèves enveloppées par le péricarpe de la variété Robusta de <i>Coffea canephora</i> ...	27
Figure 15 : zone d'enquête	42
Figure 16 : courbe ombrothermique de la région de Man.....	43
Figure 17 : région de San Pedro	48
Figure 18 : courbe ombrothermique de la région de San-Pedro	49
Figure 19 : plant greffé en sac de <i>Hevea brasiliensis</i>	52
Figure 20 : ruban-mètre.....	53
Figure 21 : équipement de saignée.....	53
Figure 22 : photo d'un peson.....	53
Figure 23 : schéma des différents traitements du dispositif expérimental	58
Figure 24 : schéma du dispositif expérimental.....	59
Figure 25 : proportion de l'origine des hévéaculteurs en fonction des départements de la zone d'étude.....	74
Figure 26 : répartition de l'origine des hévéaculteurs en fonction de la zone d'étude	74
Figure 27 : proportion du genre des hévéaculteurs en fonction des départements de la zone d'étude.....	75
Figure 28 : répartition des hévéaculteurs en fonction du genre à l'Ouest de la Côte d'Ivoire.	75

Figure 29 : proportion du niveau d'étude des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude	76
Figure 30 : répartition des hévéaculteurs en fonction de leur niveau d'étude à l'Ouest de la Côte d'Ivoire	76
Figure 31 : proportion des activités des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude.....	77
Figure 32 : répartition des hévéaculteurs en fonction de leur activité à l'Ouest de la Côte d'Ivoire	77
Figure 33 : proportion des sources de motivation des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude	78
Figure 34 : répartition des hévéaculteurs de l'Ouest de la Côte d'Ivoire en fonction de la source de motivation	78
Figure 35 : proportion des réserves en terre des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude	79
Figure 36 : répartition des réserves en terre des hévéaculteurs de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire.....	80
Figure 37 : proportion des modes d'acquisition de la terre des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude.....	80
Figure 38 : répartition des hévéaculteurs en fonction du mode d'acquisition de la terre dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire	81
Figure 39 : proportion des types de ménages des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude	82
Figure 40 : répartition des types de ménages en fonction des hévéaculteurs de la zone d'étude	82
Figure 41 : nombre de champ d'hévéa par hévéaculteur enquêté en fonction des départements	83
Figure 42 : répartition des planteurs en fonction du nombre de leur champs d'hévéa	83
Figure 43 : superficie des cultures pérennes autre que l'hévéa des hévéaculteurs enquêtés dans l'Ouest semi montagneux de la Côte d'Ivoire (2019).....	84
Figure 44 : superficie des cultures vivrières des hévéaculteurs enquêtés dans l'Ouest semi montagneux de la Côte d'Ivoire (2019)	84
Figure 45 : proportion de la sole d'exploitation enquêté en fonction des départements.....	85
Figure 46 : répartition de la sole d'exploitation dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire	86

Figure 47 : proportion des périodes d'installation des parcelles d'hévéa en fonction des départements de la zone d'étude	87
Figure 48 : répartition des périodes d'installation des parcelles d'hévéa dans l'Ouest semi montagneux de la Côte	87
Figure 49 : répartition des superficies des parcelles hévéicoles enquêtées dans la zone d'enquête	88
Figure 50 : proportion des superficies des parcelles hévéicoles enquêtées en fonction des départements de la zone d'étude	88
Figure 51 : répartition des précédents cultureux des plantations d'hévéa dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire (2019)	89
Figure 52 : proportion des précédents cultureux en fonction des départements enquêtés	89
Figure 53 : proportion du matériel végétal de plantation utilisé dans la zone d'étude	90
Figure 54 : proportion du matériel végétal de plantation utilisé en fonction des départements	90
Figure 55 : densité de plantation dans les champs visités	91
Figure 56 : proportion des systèmes de culture en fonction des départements de la zone d'étude.....	91
Figure 57 : répartition des systèmes de culture en fonction de la zone d'étude.....	92
Figure 58 : proportion des différents types de cultures associées à l'hévéa en fonction des départements de la zone d'étude	92
Figure 59 : répartition des différents types de cultures associées à l'hévéa dans la zone d'étude	92
Figure 60 : proportion des cultures associées à l'hévéa	93
Figure 61 : association hévéa -maïs à Ggangbéguiné	93
Figure 62 : association hévéa-bananier à Zélé	93
Figure 63 : association hévéa-ananas à Zélé, Man.....	94
Figure 64 : plants d'hévéa mal entretenu à Kouitongouiné 2, Man.....	95
Figure 65 : plants d'hévéa attaqué par les termites et le genre <i>Fomes</i>	95
Figure 66 : tiges d'hévéa présentant des détériorations à la fois de l'écorce et de la couche externe du bois avec des écoulements de latex	96
Figure 67 : proportion de l'état de maturité des champs d'hévéa en fonction des département de la zone d'étude.....	97
Figure 68 : répartition de l'état de maturité des champs d'hévéa de la zone d'étude	97
Figure 69 : fréquence de saignée.....	98

Figure 70 : produits de simulation.....	98
Figure 71 : répartition des fréquences de simulation	98
Figure 72 : panneaux de saignée avec des bourrelets cicatriciels et des blessures béantes non soignées	98
Figure 73 : coagulum noirci au pied des hévéas lié à la mévente du caoutchouc	100
Figure 74 : arrêt de saignée dû à la mévente du caoutchouc	101
Figure 75 : évolution de la production caféière en Kg/Ha	116
Figure 76 : évolution du pourcentage d'arbres vivants	117
Figure 77: évolution du taux d'arbres saignés	118
Figure 78: évolution des circonférences des hévéas	119
Figure 79: évolution temporelle de la productivité en caoutchouc des traitements	121
Figure 80 : coût de la main d'œuvre	132

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'enquête.....	a
Annexe 2 : Protocole de l'expérience GO.AI.03	h
Annexe 3 : Motivations de l'expérience	k
Annexe 4 : Données sur les dispositifs et densités de plantation	l
Annexe 5 : Besoins de l'essai.....	l
Annexe 6 : Schéma du dispositif expérimental.....	n

INTRODUCTION GENERALE

A son indépendance, la Côte d'Ivoire a fondé son développement économique sur l'agriculture. Le secteur agricole de la Côte d'Ivoire, représente environ 33 p.c. du PIB, 70 p.c. des recettes nationales d'exportation et emploie plus de deux-tiers de la population active du pays (Deheuvels *et al.*, 2003 ; Esso, 2009 ; Youan, 2016). Cette agriculture était basée essentiellement sur le binôme café-cacao. Ces deux cultures constituaient jusqu'à une époque récente les piliers de l'économie ivoirienne. Principalement, le café (*Coffea canephora* P. var. robusta) a été, pendant longtemps, l'une des importantes cultures de rente en Côte d'Ivoire. Avec une production moyenne annuelle de 400 000 T de café marchand, ce pays fut classé premier producteur africain et troisième au plan mondial jusqu'à la fin des années « 80 ». Depuis, cette production connaît une baisse (Eponon *et al.*, 2017), faisant passer le pays au quatrième rang africain après l'Ethiopie, l'Ouganda et le Kenya, et au quinzième rang mondial (Koffi *et al.*, 2013). Ainsi, la production de café, estimée à 250 000 T en 1990, se situe à moins de 120 000 T en 2015 (FAOSTAT, 2015). Cette chute de production est due aux effets combinés de plusieurs facteurs que sont : le vieillissement du verger, la pression parasitaire, la substitution du caféier par des cultures plus rentables notamment l'hévéa, le faible niveau d'adoption des itinéraires techniques préconisés par la recherche, et surtout, la baisse des cours mondiaux, depuis plus d'une vingtaine d'années ou encore la mauvaise conjoncture sur le plan international (Koua, 2007, Montagnon *et al.*, 2012, Ruf & Schroth, 2013, Konaté *et al.*, 2015).

L'essoufflement des deux spéculations (café-cacao) constaté depuis les années 80, a imposé à l'Etat de Côte d'Ivoire une politique de diversification des cultures industrielles ou des cultures d'exportation comme le palmier à huile, le cocotier, le cotonnier, l'anacardier, la canne à sucre et l'hévéa (Kéli, 2003). Dans cette politique de diversification, l'hévéaculture occupe une place prépondérante tendant à supplanter le cacao et le café. En effet, introduite en 1953 par des opérateurs privés venus d'Indochine, l'hévéaculture sera une activité d'entreprises agro-industrielles jusqu'en 1978 (Kéli *et al.*, 1997, Kouamé, 2014, Konan *et al.*, 2016). L'apparition tardive des plantations villageoises a été la volonté du gouvernement ivoirien de créer d'abord des blocs agro-industriels autour desquels devaient ultérieurement se développer, avec l'expertise des agro-industriels, ces plantations villageoises. L'Etat ivoirien s'est engagé à promouvoir l'hévéaculture villageoise avec pour objectif essentiel : la diversification des cultures d'exportation et des revenus des planteurs (Kéli, 2003).

L'hévéa, cultivé dans la même zone agro-écologique que le caféier, joue un rôle socio-économique important (Compagnon, 1986). Selon Ruf (2009), la flambée des cours mondiaux du caoutchouc payés au producteur, entre 2001 et 2010, a joué un rôle certain vers la ruée actuelle des paysans, fonctionnaires, travailleurs du secteur privé vers l'hévéaculture dans le pays. La Côte d'Ivoire est le 1^{er} pays producteur africain de caoutchouc naturel et le 4^{ème} au plan mondial derrière l'Indonésie, la Thaïlande et le Vietnam. La superficie des exploitations hévéicoles est estimée à plus de 600 000 hectares. Sa production qui était de 170 000 tonnes en 2005 n'a cessé de croître, passant de 624 000 t en 2018, 783 000 en 2019 à 950 000 tonnes de caoutchouc sec en 2020 (Kouassi, 2018 ; ECOFIN, 2021). Le nombre de planteurs est de 161 401 pour 235 687 plantations. Les travaux d'Obouayeba (1995) et de Rodrigo *et al.* (2011) qui indiquent que le genre *Hevea*, essence originellement de forêt primaire, a révélé, au cours du temps, plusieurs fonctions pour le bien-être de l'hévéaculteur. En effet, *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiacées) est la plus importante source de production de caoutchouc naturel commercialisé dans le monde. Cette plante, prisée pour la qualité et la productivité en caoutchouc fournit par ailleurs en fin de cycle de récolte de latex du bois d'œuvre et de chauffe pour les ménages (Ahoba, 1992 ; Devi *et al.*, 2003 ; Agnimel, 2009 ; Ahoba, 2011). *Hevea brasiliensis* joue un important rôle environnemental du fait que la plantation d'hévéa crée les conditions de forêt secondaire (Kéli *et al.*, 1991 ; Kéli, 1992 ; Gilot *et al.*, 1993 ; Kéli *et al.*, 1993 ; Obouayeba, 1995). Selon d'autres auteurs, l'espèce *Hevea brasiliensis* est, en réalité, cultivée en association avec d'autres espèces domestiquées : espèces légumineuses de couverture (*Pueraria phaseoloïdes*, *Centrosema pubescens*, etc.), espèces vivrières et industrielles (Kéli, 1992 ; Obouayeba, 1995). Bien que satisfaisante au plan agronomique, la monoculture de l'hévéa peut entraîner des contraintes socio-économiques et foncières pour les petits planteurs villageois pendant les six premières années improductives des arbres (Obouayeba *et al.*, 2000, Obouayeba *et al.*, 2002, Obouayeba, 2005). A cet effet, les études entreprises depuis 1975, sur l'association de l'hévéa à d'autres plantes comestibles ou directement profitables à l'hévéaculteur, ont essentiellement abordé les aspects agronomiques et socio-économiques (Kéli, 1988 ; Kéli *et al.*, 1990 ; Kéli *et al.*, 1991 ; Obouayeba, 1991 ; Obouayeba, 1992 ; Kéli *et al.*, 2005a). Cette association s'avère nécessaire et plus profitable au planteur que la culture pure d'hévéa (mono culture d'hévéa), comme Kéli *et al.* (2005b) et Snoeck *et al.* (2013) l'ont montré, et a permis l'adoption de l'hévéa par les petits planteurs (Kéli *et al.*, 1990 ; Kéli, 1992 ; Obouayeba, 1992 ; Kéli *et al.*, 2005a). Par ailleurs, de nombreux autres travaux (Kéli *et al.*, 1991 ; Obouayeba, 1992 ; Kéli,

1992 ; Gilot *et al.*, 1993 ; Kéli *et al.*, 1993 ; Obouayeba *et al.*, 1995) ont montré que l'hévéaculture a un impact important et favorable sur le milieu.

Cependant, la Côte d'Ivoire est confrontée à une saturation foncière dans les zones traditionnellement favorables à la culture de l'hévéa (Gnagne *et al.*, 2016a). Nous assistons de ce fait à une expansion remarquable de l'hévéaculture vers de nouvelles zones géographiques comme l'Ouest, qui était jusque-là une région caféicole où se posent déjà des problèmes fonciers liés à l'occupation du tiers (1/3) de sa superficie par des montagnes et des blocs rocheux (Kéli, 2009 ; ANADER, 2014). Or, l'expansion d'une culture donnée vers de nouvelles zones peut bouleverser la dynamique des systèmes de production de ladite zone et conduire souvent à des phénomènes de substitutions des cultures de diversification aux anciennes cultures (Ruf, 2009). En effet, Colin (1990), lors de ses études sur la dynamique des systèmes productifs agricoles en basse Côte d'Ivoire, a observé que les cultures de palmier à huile remplacèrent les cacaoyers. Les mêmes observations ont été faites par d'autres auteurs lors de ses enquêtes pour le compte de la Palmindustrie dans les années "80". Ces phénomènes de substitution des cultures de diversification aux anciennes cultures suscitent des préoccupations relativement à l'introduction de l'hévéa et son évolution dans les nouvelles zones comme l'Ouest de notre pays déjà confronté à une saturation foncière (Hirsch, 2002). Ainsi, la présente étude intitulée : « Caractérisation des systèmes de production impliquant l'hévéa dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire : Etude des performances agro-économique de l'association permanente hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) – caféier (*Coffea canephora* Pierre ex. Froehner) » dont nous rendons compte, se veut de proposer une solution à la concurrence qui pourrait opposer l'hévéaculture à la caféiculture.

L'objectif visé par l'étude est de déterminer une association hévéa-caféier performante pour une utilisation optimale de l'espace agraire.

Ce travail s'articule autour des trois hypothèses ci-après :

- l'hévéa pourrait s'être substitué au caféier dans la dynamique de diversification et de replantation ;
- l'association rationnelle hévéa-café pourrait être un facteur de stabilisation de ces cultures ;
- l'association rationnelle hévéa-café pourrait être économiquement rentable.

Afin de vérifier ces hypothèses et atteindre l'objectif général de cette étude, les trois objectifs spécifiques suivants sont proposés :

- diagnostiquer la place de l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest montagneux de la Côte d'Ivoire ;
- évaluer les performances agronomiques de l'association hévéa-café ;
- déterminer la rentabilité économique de l'association hévéa-café.

Outre l'introduction, le présent mémoire est structuré en trois grandes parties : la première partie consacrée à la revue bibliographique sur l'hévéa et sur les systèmes de culture à base d'hévéa et à la description du cadre physique de l'étude. La deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisés pour réaliser les travaux. La troisième partie expose les résultats obtenus à la fin de l'étude et les discute. Une conclusion, assortie de perspectives, des références et des annexes complètent le document.

PREMIERE PARTIE :
GENERALITES

1. Généralités sur l'hévéa

Le chapitre consacré aux généralités sur l'hévéa présentera, l'environnement et les maladies et ennemis, les intérêts socio-économiques et impacts environnementaux de la culture de l'hévéa et les données statistiques de l'hévéa.

1.1. Origine de l'hévéa

Le genre *Hevea* est originaire d'Amérique du sud et plus particulièrement du Brésil (Dusotoit, 2009). L'hévéa provient du terme indien « Hyévé » ou « Hévé » désignant l'arbre à caoutchouc (Bouychou, 1963). L'aire de répartition naturelle du genre *Hevea* s'étend sur une grande superficie de l'Amazonie au sens large (bassins de l'Amazonie et de l'Orénoque, plateau des Guyanes) recouvrant les états de Bolivie, Brésil, Colombie, Equateur, Guyane Française, Pérou, Surinam et Venezuela. La plus vaste répartition est celle de l'espèce *H. guianensis*. Dans les zones de recouvrement entre aires de répartition des espèces (cas de *H. brasiliensis*, *H. guianensis*, *H. pauciflora* et *H. benthamiana* en Amazonie occidentale), peuvent se rencontrer des hybrides interspécifiques spontanés et fertiles (Seibert, 1947).

1.2. Botanique du genre *Hevea*

Le genre *Hevea* appartient selon la classification phylogénétique à l'ordre des *Malpighiales* et à la famille des *Euphorbiaceae*. La revue taxonomique la plus récente, éditée par Schultes (1990), fait état de dix espèces que sont : *Hevea benthamiana*. ; *Hevea camargoana*; *Hevea camporum*; *Hevea guianensis* ; *Hevea microphylla* ; *Hevea nitida* ; *Hevea pauciflora* ; *Hevea rigidifolia*; *Hevea spruceana* ; *Hevea brasiliensis*. (Compagnon, 1986 ; Schultes, 1990). La plupart des espèces a un latex résineux et donne du caoutchouc de mauvaise qualité. Cependant certaines espèces produisent du latex de bonne qualité (Besse, 1993). Il s'agit de :

- *Hevea brasiliensis*, qui fera l'objet de notre étude ;
- *Hevea guianensis*, qui est l'espèce dont l'aire de répartition est la plus vaste et qui comporte le plus de variétés. La quantité et la qualité de son latex sont inférieures à celles de *H. brasiliensis* ;
- *Hevea benthamiana*, localisé au Nord de l'Amazonie, moins productif, il a retenu l'attention pour sa résistance à la maladie sud-américaine des feuilles, d'où son utilisation en Amérique tropicale comme géniteur.

Parmi ces trois espèces, *Hevea brasiliensis* est la plus cultivée dans le monde, car elle s'est révélée apte à être cultivée et exploitée industriellement (Compagnon, 1986 ; Webster & Paardekooper, 1989).

La classification systématique de *Hevea brasiliensis* est la suivante :

Règne	: Plantae
Sous-règne	: Tracheobionta
Embranchement	: Spermatophyta
Sous-embranchement	: Angiospermes
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Sous-classe	: Rosidae
Ordre	: Malpighiales
Famille	: Euphorbiaceae
Genre	: <i>Hevea</i>

Espèce : *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg., 1865

1.3. Biologie de *Hevea brasiliensis*

L'hévéa est un grand arbre de forêt, au tronc droit, légèrement renflé à sa base, à couronne foliaire plutôt étroite. Plante héliophile à croissance relativement rapide, l'hévéa peut atteindre 40 m de hauteur et 5 m de circonférence dans les peuplements naturels (Gohet *et al.*, 1996). En plantation, le développement des arbres est fortement diminué en hauteur et en circonférence du fait du stress physiologique engendré par la saignée pratiquée régulièrement (Gohet *et al.*, 1996). Cette croissance, limitée par la saignée ne dépasse pas 15 – 20 m de hauteur pour 1 m de circonférence (Robert, 2008). L'hévéa est une essence qui peut vivre certainement plus de 100 ans. Une récente étude fait état d'une longévité moyenne de près de 300 ans, chez l'espèce apparentée, *H. guianensis*, en Amazonie centrale (Laurance *et al.*, 2004). Des spécimens de l'espèce *H. brasiliensis* d'un âge attesté supérieur à 120 ans sont également toujours présents dans certains jardins botaniques asiatiques (George & Kuruvilla, 2000). Mais en plantation, son exploitation économique est limitée à 40 ans. En peuplement

naturel, le tronc de l'hévéa est légèrement conique à la base et l'écorce a une couleur vert-grisâtre (Seedling). Le tronc présente un grand intérêt car c'est la partie de l'arbre où le latex est récolté. En plantation, lorsque tous les plants sont greffés, le tronc de forme presque cylindrique est homogène, tendre et cassant, ce qui explique sa sensibilité à la casse due au vent. La recherche a mis au point des clones performants à savoir ; GT 1, PB 217, PB 260, IRCA 41, IRCA 230, IRCA 331 etc. Les clones sont fournis sous forme de bois de greffes ou de plants greffés. Les plants à racine nue (stumps) d'une durée de 20 mois proviennent des pépinières en pleine terre et ceux en sacs d'une durée moins longue (10 mois), sont issus des pépinières en sac (Obouayeba *et al*, 2006). Les plants greffés présentent à quelques centimètres du sol, un bourrelet cicatriciel appelé « pied d'éléphant ». Le pied d'éléphant est la zone d'union du porte-greffe et du greffon. Le tronc s'accroît en circonférence simultanément avec l'apparition des unités de croissance.

1.3.1. Feuilles, fleurs et fruits

Les feuilles possèdent de longs pédoncules et généralement 3 folioles (Figure 1). Les fleurs, unisexuées comme pour toutes les Euphorbiaceae, sont petites, jaunes claires et rassemblées en grappes. Le fruit est une capsule à 3 loges (Figure 2), contenant chacune une graine (Figure 3) (Soumahin, 2010 ; Traoré, 2014). Ces graines ont une faculté germinative limitée. Le cycle végétatif de l'hévéa est annuel, c'est à dire que chaque année l'arbre perd toutes ses feuilles et les renouvelle instantanément (figure 4). Cette défoliation (encore appelée hivernage) s'effectue en saison sèche entre Janvier et Mars (Soumahin, 2010). Elle s'accompagne d'un ralentissement net de la croissance de l'arbre et d'une baisse de la production du latex. La réfoliation se fait plus ou moins rapidement, en fonction des caractéristiques climatiques et aussi de la diversité génétique de la plante (Figure 5). C'est à ce moment que la floraison intervient généralement. Les graines parviennent à maturité 4 à 5 mois plus tard.

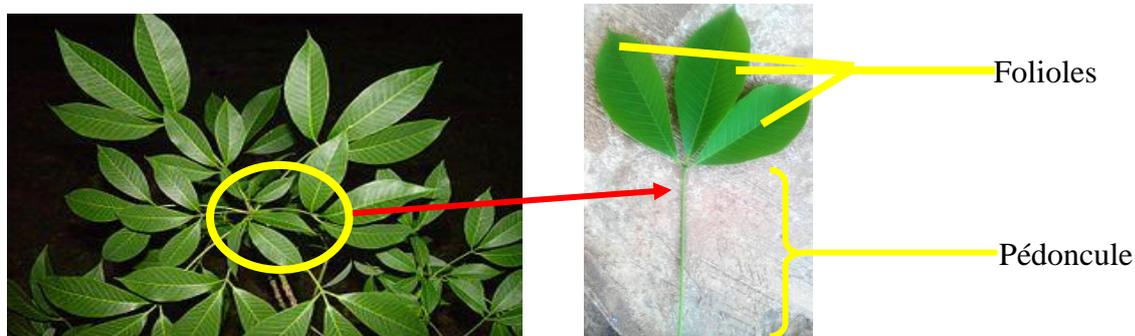


Figure 1: feuille d'hévéa

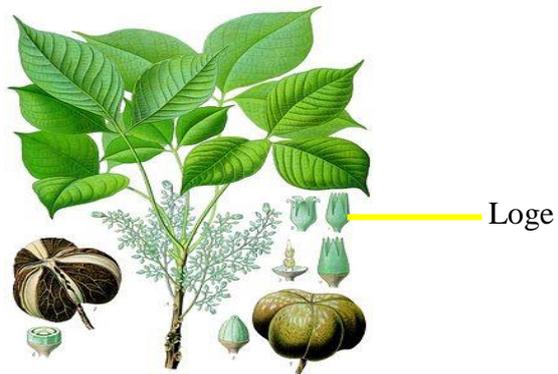


Figure 2 : fruits d'hévéa (wikipédia.org/hévéa, consulté 08/01/2019)



Figure 3 : graines d'hévéa (wikipédia.org/hévéa, consulté 08/01/2019)



Figure 4 : parcelle d'hévéa en période de défoliation



Figure 5 : parcelle d'hévéa complètement refoliée

1.3.2. Enracinement

L'enracinement de l'hévéa est à la fois pivotant et traçant. En fait, le pivot se reconstitue rarement lorsqu'il a été sectionné lors de la plantation en "stump" ou plant à racine nue. Le pivot orthotrope se développe en profondeur sur des distances pouvant aller à plus de cinq (5) mètres dans les terrains homogènes et à bonne structure (Figure 6). Il assure l'ancrage de l'arbre dans le sol (Compagnon, 1986). L'hévéa subit moins rapidement le déficit hydrique grâce au pivot bien développé, qui contribue à l'alimentation en eau et en sels minéraux à partir des couches profondes du sol, notamment, en période de sécheresse. La partie traçante (plagiotrope) du système racinaire qui se développe à partir des racines du collet et également des racines latérales naissant du pivot, en dessous du collet, joue un rôle important dans la nutrition minérale. Ces racines participent à l'alimentation en eau et complètent la fonction d'ancrage. Ce chevelu radicaire très abondant se développe à partir des couches superficielles du sol. Les racines latérales de deux lignes ou interlignes de plantation se joignent approximativement, lorsque le couvert se forme vers quatre (4) ans, et peuvent atteindre ultérieurement plus de 10 m de long (Compagnon, 1986).

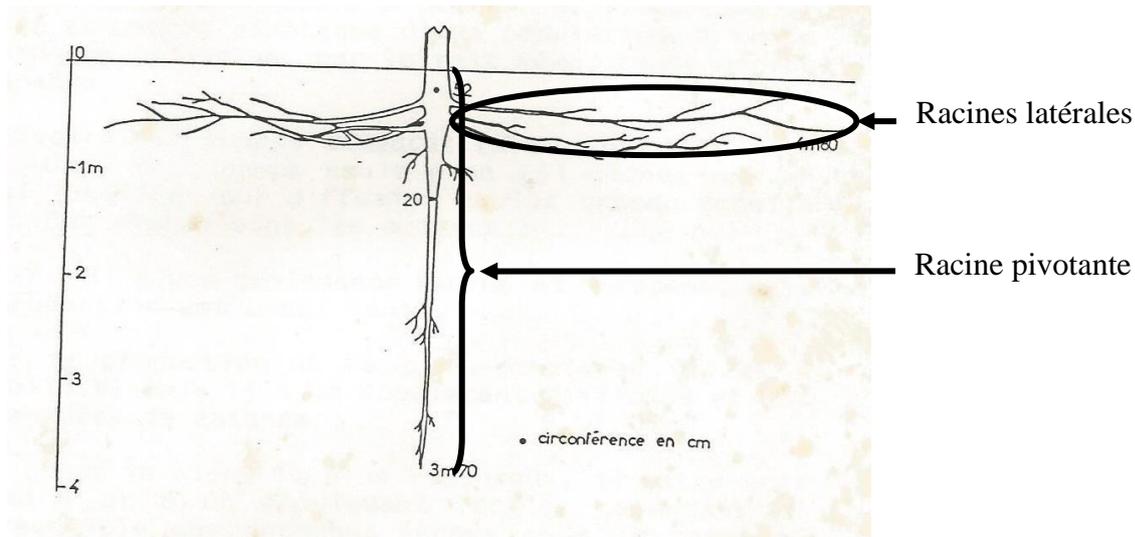


Figure 6 : système racinaire chez un hévéa adulte (Compagnon, 1986)

1.4. Récolte du latex

La saignée est l'opération qui consiste à pratiquer une incision de l'écorce de l'arbre. La section des manteaux laticifères, organisés en réseau paracirculatoire (Jacob *et al.*, 1995a) provoque l'écoulement du latex, expulsé par la pression de turgescence s'exerçant *in situ* (Figure 7). Ce mode de récolte est particulièrement adapté à l'organisation des cellules laticifères, en manteaux concentriques indépendants (Dusotoit, 2009). Le latex est secrété dans des cellules spécialisées appelées cellules laticifères ou laticifères. Chez *Hevea brasiliensis*, ces cellules communiquent entre elles et forment des vaisseaux appelés vaisseaux laticifères (Compagnon, 1986). Le système laticifère existe dans tous les tissus mous de la plante, et il est même en continuité, sauf entre les laticifères des feuilles et ceux des branches. Mais, pratiquement, on ne s'intéresse qu'à ceux du tronc pour des raisons d'exploitation et de rendement en caoutchouc. Les laticifères font partie des formations du liber, par suite d'une différenciation spéciale des cellules naissant du cambium. Les laticifères accompagnent donc les tissus du liber dans leur développement et subissent le même vieillissement. C'est donc dans la zone la plus proche du cambium que les cellules laticifères sont les plus actives. Cette disposition explique l'influence de la profondeur de l'incision de saignée sur l'abondance de l'écoulement du latex. Comme la différenciation des cellules en laticifères à partir du cambium est périodique, il se forme des couches successives, indépendantes, auxquelles on donne le nom de "manteaux". Les laticifères d'un même manteau constituent un réseau qui peut avoir une grande longueur. Le nombre de manteaux diminue normalement en s'éloignant de la base du tronc, mais chez les arbres greffés, le tronc étant anatomiquement une branche,

ce nombre est à peu près constant jusqu'aux premières branches (Combe & Du Plessix, 1974). Le nombre de manteaux laticifères est, en outre, un caractère génétique. Une particularité, qui aura son importance lors de la saignée, est que les vaisseaux laticifères ne sont pas verticaux mais légèrement inclinés de la droite vers la gauche (3 à 5° d'angle) en allant du haut en bas sur la verticale. La saignée se pratique aux heures fraîches de la journée. Il existe 2 types de saignée à savoir, la saignée descendante et la saignée remontante ou inversée (figure 8). La saignée descendante s'effectue en demi-spirale à partir de la 1^{ère} jusqu'à la 9^e année de saignée avec une consommation de l'écorce qui se fait de haut en bas (figure 9). La conduite des panneaux de saignée se fait de la manière suivante : le panneau A est saigné les deux premières années. Puis la troisième année, la saignée débute sur panneau B. Les années suivantes, la saignée continue sur le panneau A avec une alternance annuelle des panneaux A et B jusqu'à la 9^e année. La saignée remontante ou inversée débute à partir de la 10^e année de saignée. Elle est exécutée en quart de spirale avec une consommation d'écorce allant du bas vers le haut (Gohet *et al.*, 1991 ; Soumahin, 2010).

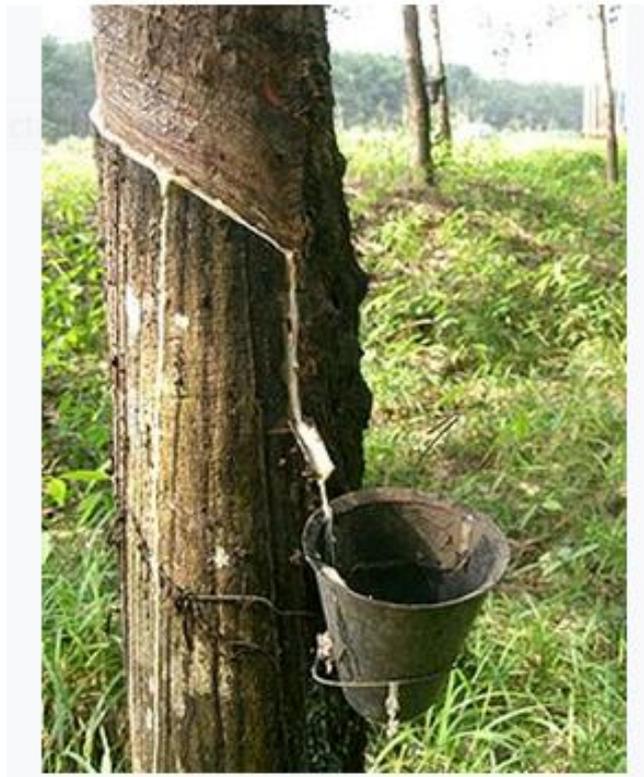


Figure 7 : récolte du latex

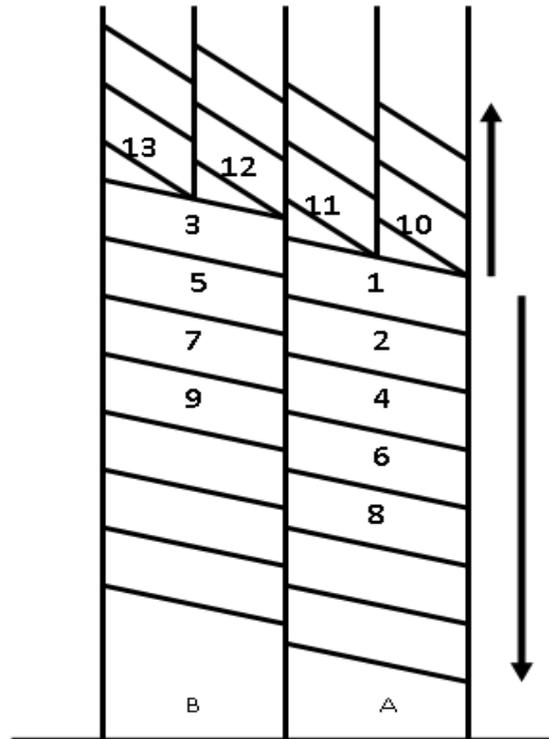


Figure 8 : recommandation pour la conduite du panneau de saignée de l'Hévéa en Côte d'Ivoire (d4 6d/7 12 m/12) (GOHET *et al.*, 1991)

Légende : A et B : Panneaux de saignée ; 1 – 13 : années de saignée



Figure 9 : hévéa exploité en saignée descendante en demi-spirale

1.5. Ecologie de l'hévéa

Etant donné son origine, l'hévéa prospère en climat équatorial ou tropical humide (Compagnon, 1986). L'hévéa est donc, sans contexte, une plante très rustique, capable d'une grande adaptabilité.

1.5.1. Climat

1.5.1.1. Température et ensoleillement

On admet une moyenne annuelle de l'ordre de 25 °C. Mais, l'arbre supporte des chutes de température assez prononcées jusqu'à 10 °C. Cependant, la croissance des hévéas est inhibée par une longue exposition à des températures inférieures à 20 °C (Compagnon, 1986). Par ailleurs, la température fait partie des paramètres climatiques qui conditionnent l'écoulement du latex au moment de la saignée (Compagnon, 1986 ; Essehi, 2019).

En ce qui concerne la durée d'ensoleillement sur l'hévéa, 1650 heures annuelles sont acceptables (Robert, 2008).

1.5.1.2. Pluviosité

Certaines conditions pluviométriques sont indispensables pour que les arbres assurent une croissance végétative suffisante. Par ailleurs, un bilan hydrique déficitaire est une cause de limitation de la production de caoutchouc. A l'inverse, des pluies trop abondantes augmentent le risque de perturbation de la saignée et des pertes accidentelles de production. La capacité de rétention en eau du sol joue un rôle important pour réduire ou aggraver les effets de la saison sèche (Robert, 2008). En effet, l'hévéa est sensible à la durée du déficit hydrique avec une limite tolérable maximum de 3 mois consécutifs très secs. Un mois est considéré comme sec pour l'hévéa, s'il tombe moins de 100 mm d'eau et très sec, s'il en tombe moins de 50 mm (Essehi, 2019).

La pluviosité est donc un facteur important. Une hauteur de 1 500 mm de moyenne annuelle de pluie pourrait suffire à condition d'une bonne répartition et d'un sol présentant une rétention satisfaisante (Obouayeba *et al.*, 2006). Sinon, il est recommandé des zones qui totalisent 2 000 mm de précipitations annuelles. La répartition des pluies dans la journée doit être prise en compte, car la saignée se faisant le matin, il faudra éviter les situations où les pluies matinales sont trop fréquentes. On peut admettre que l'hévéa peut tolérer sans inconvénient rédhibitoire, sur des sols possédant une bonne rétention d'eau, une

saison sèche de 4 à 5 mois présentant moins de 100 mm d'eau dont deux à trois mois de moins de 50 mm (Compagnon, 1986).

1.5.1.3. Vent

Le vent est un facteur important à prendre en considération car les propriétés mécaniques du bois de l'hévéa ne lui permettent pas, de par la faible longueur de ses fibres ligneuses, de résister à des vents violents (Robert 2008). L'hévéa est plus ou moins sensible à la casse suivant son caractère génétique. Pour une production optimale, il faut éviter les zones à tornades dans la mesure du possible. Il faut utiliser éventuellement des clones moins cassants tels que PB 217, IRCA 41 et PR 107 (Obouayeba *et al.*, 2006) et des rideaux d'arbres brise-vent.

1.5.2. Sols

Dans l'aptitude des terrains à la plantation interviennent la topographie relative au sommet, mi-versant, bas-versant, la profondeur et les qualités physico-chimiques des sols.

1.5.2.1. Topographie

La topographie ne gêne pas le développement de la culture. Cependant, il faut tenir compte des conditions d'exploitation nécessitant des transports fréquents et importants. Le terrain le plus favorable est celui qui est dépourvu de pentes, sous réserve que le drainage soit bon. Toutefois, l'altitude doit être inférieure à 600 m (Obouayeba *et al.*, 2006).

1.5.2.2. Profondeur

La profondeur du sol est un facteur important étant donné le système racinaire de l'hévéa soit traçant et pivotant. Le développement du pivot permet un bon ancrage et la possibilité, pendant la saison sèche de s'approvisionner en eau dans les couches profondes. Les profondeurs les plus favorables à l'hévéa sont celles supérieures à 1 m. Toutefois, une profondeur de l'ordre de 1 m est acceptable et même bonne si les caractères physiques du profil sont convenables (Compagnon, 1986 ; Essehi, 2019).

1.5.2.3. Qualité physique

La composition granulométrique qui intervient dans la structure du sol et dans sa capacité de rétention en eau, est considérée par des spécialistes des sols comme la caractéristique physique la plus importante, et un des éléments essentiels de la fertilité. On estime généralement que, le taux minimum d'argile dans le sol doit être de 15 p.c. en surface et 20 p.c. à 50 cm de profondeur (Compagnon, 1986 ; Essehi, 2019).

1.5.2.4. Composition chimique

La richesse du sol en éléments nutritifs nécessaires au développement des arbres et à leur production est certes importante, mais on ne peut la séparer des qualités physiques déjà mentionnées. Une certaine pauvreté en éléments minéraux n'est pas forcément un obstacle à une exploitation rationnelle, si les qualités physiques et le pouvoir fixateur du sol pour certains éléments rendent opportuns les apports d'engrais. Concernant le pH, l'hévéa manifeste une certaine préférence pour les sols acides, dont le pH est compris entre 4,5 et 5,5.

L'hévéa est, sans conteste, une plante capable d'une grande adaptabilité, dans la mesure où, ses exigences se manifestent beaucoup plus vis à vis de l'eau que de la fertilité du sol. Cependant, le fait que l'hévéa soit économiquement rentable sur des sols pauvres, ne veut pas dire qu'il ne se comporterait pas mieux sur des sols améliorés (Martin, 1970). Quelques éléments minéraux dits majeurs (azote, phosphore, potassium, soufre, calcium, magnésium) entrent en proportion importante dans les tissus. L'ordre de grandeur de la teneur des tissus d'hévéa en ces éléments minéraux majeurs s'exprime en pourcentage de la matière sèche. D'autres éléments, dits oligo-éléments, sont en très faibles quantités. Les premiers travaux sur la composition minérale des tissus d'hévéa, et plus particulièrement des feuilles, en vue d'un diagnostic des besoins de la plante et de la conduite d'une fertilisation rationnelle, ont été effectués par Chapman (1952), en Malaisie. Ces travaux, qui ont connu un très grand développement à partir de 1952, ont conduit à la pratique du diagnostic foliaire permettant d'avoir une meilleure approche sur les besoins de l'arbre et d'adopter les apports d'engrais en conséquence.

1.6. Maladies et ennemis de l'hévéa

L'hévéa est confronté à de nombreuses maladies et attaques de ravageurs. Selon le guide du conseiller agricole hévéa « Tome 4 », les ennemis de l'hévéa peuvent s'attaquer à toutes les parties du végétal en fonction de l'agent pathogène responsable. Ces ennemis sont des maladies, des insectes, des ravageurs et des affections physiologiques.

Les maladies des feuilles sont les plus redoutables et répandues. Il s'agit de la maladie de chute des feuilles due à *Corynespora cassiicola*, l'anthracnose causée par *Colletotrichum gloeosporioides*, l'helminthosporiose occasionnée par *Helminthosporium heveae* etc. Les feuilles sont aussi attaquées par les insectes et ravageurs tels que le Criquet puant (*Zonocerus variegatus*), le Caterpillar ou chenille (*Tiracola plagiata*), l'Acarien (*Hemitarsonemus latus*)

etc. Il faut aussi noter les affections physiologiques tels que les phytotoxicités due aux herbicides et/ou aux engrais (Attobra *et al.*, 2013a ; Ndong, 2007).

Les maladies liées au tronc de l'hévéa à savoir le Die back due à *Botryodiplodia theobromae*, les raies noires du tronc causées par *Phytophthora palmivora*, les fourches dues à *Corticium salmonicolor*, les armillaires occasionnées par *Armillaria mellea* etc (Turner et Myint, 1980 ; Zeng *et al.*, 2005 ; Dibi, 2009). Parmi les insectes et autres ravageurs qui attaquent le tronc, nous pouvons citer le coléoptère (*xyloborus aquilus*), la fourmis charpentières (crematogaster), la punaise (*Anoplocnemis curvipes*) et les animaux domestiques et sauvages tels que les mammifères dont les éléphants, bœufs, gazelles, biches et des rongeurs comme le porc-épic, le porcs, l'agoutis, le rat etc. Les affections physiologiques liées au tronc sont l'encoche sèche la nécrose corticale et la déformation de tronc (Attobra *et al.*, 2013a).

Les maladies des racines comme la pourriture blanche des racines due à *Fomes lignosus*, la pourriture brune des racines due à *Fomes noxius*, la pourriture sèche d'hévéa causée par *Ustilina zonata* etc. Les insectes et autres ravageurs qui attaquent les racines sont les termites tels que les xylophages, les fourrageuses, les humivores (Attobra *et al.*, 2013a).

1.7. Intérêts socio-économiques et impacts environnementaux de l'hévéaculture

1.7.1. Intérêts socio-économiques

L'hévéa est cultivé pour son latex, riche en caoutchouc, extrait de l'écorce. Le caoutchouc est utilisé comme matière première dans différentes industries (pneumatiques, pharmaceutique, construction de ponts, d'immeubles, bitumage des routes, liaisons élastiques automobiles et ferroviaires, industrie de la chaussure etc...). D'après Compagnon (1986) et De Pardillac (1986), 30 p.c. des usages réclament obligatoirement du caoutchouc naturel en raison de sa très grande élasticité et de son faible dégagement de chaleur interne. Ces qualités correspondent par exemple aux exigences de la fabrication des pneus pour véhicules lourds ou très rapides et pour avions. Par ailleurs, des utilisations nouvelles du caoutchouc naturel sont développées, notamment, dans la construction des ponts, les fondations de maisons dans les régions à forte activité sismique et le bitumage de routes (Jacob *et al.*, 1989). L'industrie du pneu reste l'un des principaux débouchés de la filière avec la société Michelin (Soumahin, 2010). Les pneus confectionnés avec du caoutchouc naturel sont plus résistants à la déchirure que ceux faits avec du caoutchouc synthétique (De Pardillac, 1986). Avec ses propriétés d'élasticité et d'imperméabilité, le caoutchouc naturel demeure une matière irremplaçable

dans d'innombrables usages. Le caoutchouc naturel constitue certes le principal produit de l'hévéaculture, mais, celle-ci peut également fournir des sous-produits, tels que :

- les graines, dont la transformation donne un tourteau qui peut servir à l'alimentation des animaux (Ocho, 1999) ;
- le bois d'hévéa qui est utilisé dans la confection de meubles et la production d'énergie (Devi *et al.*, 2003 ; Agnimel, 2009 ; Ahoba, 2011) ;
- l'huile de l'amande qui peut être utilisée de diverses manières, notamment en cosmétique (Nadarajah *et al.*, 1973).

À la fin de la période de récolte du latex, son bois peut également être utilisé comme bois d'œuvre et bois de chauffe.

1.7.2. Impacts environnementaux de la culture d'hévéa

De nombreux travaux (Obouayeba, 1992 ; Gilot *et al.*, 1993 ; Kéli *et al.*, 1993 ; Obouayeba *et al.*, 1995 ; Rodrigo, 2011) ont montré que l'hévéaculture a un impact important et favorable sur le milieu. En participant à la restauration d'un couvert forestier dès la 5^e année de culture, à la valorisation et à la régénération des jachères tropicales monospécifiques, l'hévéa constitue une composante intéressante des systèmes de production rurale stables sous ses aspects socio-économiques et pédo-écologiques (Kéli *et al.*, 1991 ; Kéli, 1992 ; Gilot *et al.*, 1993 ; Obouayeba *et al.*, 1995). La culture de l'hévéa améliore les propriétés physiques, hydrodynamiques, chimiques et biologiques des sols dégradés, à cause du chevelu racinaire très abondant. Des études menées par Diby *et al.* (2017), dans le département d'Aboisso, ont montré que la culture d'hévéa, a eu une forte implication bénéfique sur le climat de ce département. Cet impact climatique est marqué par une augmentation de la pluviométrie annuelle de 100 mm d'hauteur.

Il n'y a pas de différence significative entre un sol sous forêt et un sol sous hévéa. La porosité structurale sous forêt est améliorée par la chevelure radiale des racines. Il en est également pour les plantations d'hévéas âgées (20 à 30 ans) dont les couches superficielles du sol se traduisent par une bonne rétention d'eau. Ce qui rend le phénomène de ruissellement nul (Kéli, *et al.*, 1991). Ainsi, selon Obouayeba *et al.* (2016a), les propriétés physiques du sol sous hévéa sont bonnes, en comparaison au sol sous forêt.

Les travaux de Kéli *et al.* (1991) ont montré que la culture de l'hévéa ne modifie pas sensiblement la fertilité physico-chimique initiale des sols. Aussi, la litière issue de la

défoliation d'hévéa adulte joue un rôle appréciable dans le cycle des éléments minéraux et particulièrement dans celui du potassium. Les apports annuels de potassium par la matière végétale en décomposition sont deux fois plus importants que les réserves échangeables du sol (Tié, 1985). Selon Obouayeba *et al.* (2016a), la richesse chimique des sols hévéicoles, malgré une faible diminution par rapport aux sols sous forêts, reste toujours élevée dans l'horizon humifère.

Au niveau biologique, l'hévéaculture entraîne des modifications sur l'abondance, la richesse et la diversité des micro-organismes du sol. Une étude menée en Côte d'Ivoire (Bimbresso au Sud-Est et Tombokro au centre) sur les sols des plantations d'hévéas de différents âges indique que la diversité et la densité de la faune du sol varient en fonction de l'âge de la plantation (Kéli *et al.*, 1993). De plus, l'étude comparative de Chaudhuri & Nath (2011) entre une forêt mixte et une plantation d'hévéa dont l'âge est compris entre 15 et 25 ans montre que la biomasse des vers de terre est sensiblement identique entre les deux écosystèmes.

1.8. Données statistiques mondiale, africaine et ivoirienne

1.8.1. Données statistiques dans le monde

En 2007, la production mondiale de caoutchouc naturel était de l'ordre de 9,7 millions de tonnes (Soumahin, 2010). Cette production est passée de 12,070 millions de tonnes en 2014 à 13,7 millions de tonnes en 2018 (Essehi, 2019). La production de caoutchouc naturel est assurée à 88 p.c. par les grands pays producteurs d'Asie qui sont la Thaïlande avec 38 p.c., l'Indonésie, 25 p.c., la Chine, 6 p.c., la Malaisie, 4 p.c. et l'Inde avec 4 p.c..

1.8.2. Données statistiques en Afrique

L'hévéaculture constitue une spéculation rentable et une intéressante possibilité de diversification économique pour les pays africains disposant de conditions agro-climatiques favorables au développement de cette culture. Selon la Société Internationale des Plantations d'Hévéas (SIPH), la production africaine de caoutchouc naturel en 2018 était estimée 0,7 millions de tonnes et a contribué à 6 p.c. de la production mondiale. L'Afrique de l'ouest détient plus de 90 p.c. de cette production. La Côte d'Ivoire, le Libéria, le Cameroun et le Nigéria sont les plus grands pays producteurs de caoutchouc naturel d'Afrique.

1.8.3. Données statistiques en Côte d'Ivoire

Depuis l'indépendance de la Côte d'Ivoire en 1960, son agriculture a été dominée par le binôme café-cacao. L'essoufflement des deux spéculations (café-cacao) a imposé à l'Etat de Côte d'Ivoire une politique de diversification des cultures industrielles ou d'exportation telles que le palmier à huile, le cocotier, le cotonnier, l'anacardier, la canne à sucre et l'hévéa (Kéli, 2003). Cette dernière spéculation, initialement développée par le secteur des grandes exploitations, est depuis 1978 principalement le fait de petites exploitations paysannes (Ruf, 2009, Konan, 2016). Ainsi, la production annuelle ivoirienne de 136 000 tonnes de caoutchouc sec en 2004, place l'hévéa au rang des principales cultures d'exportation. Le rendement en caoutchouc sec de 1 800 kg/ha est l'un des meilleurs au monde (Obouayeba *et al.*, 2006). En 2008, la Côte d'Ivoire a produit 200 000 tonnes dont plus de la moitié par les plantations familiales. Ce pays devient ainsi le 1^{er} pays producteur africain de caoutchouc naturel depuis 1997. Il garde le même rang africain jusqu'à nos jours et passe du 7^{ème} au 4^{ème} rang mondial en 2020. En 2014, la superficie hévéicole était d'environ 530 000 ha d'hévéa dont 228 000 ha en exploitation pour une production de 317 346 tonnes de caoutchouc sec (Gnagne *et al.*, 2016a). L'hévéaculture villageoise représente aujourd'hui 77,7% de ces superficies hévéicoles (Gnagne *et al.*, 2016b). Selon l'APROMAC, le nombre total de planteurs identifiés était de 161 401 avec 235 687 Plantations. Aussi, le caoutchouc naturel est-il devenu le 3^e produit d'exportation avec une superficie estimée à plus de 534 000 hectares d'hévéa. Sa production qui était de 170 000 tonnes en 2005 n'a cessé de croître, passant de 624 000 t en 2018, 783 000 en 2019, à 950 000 tonnes de caoutchouc sec en 2020 (Kouassi, 2018 ; APROMAC, 2019 ; Le Figaro, 2021 ; Agence Ecofin, 2021). Le nombre de planteurs est de 161 401 pour 235 687 plantations.

Il génère des recettes à l'exportation estimées à 140 milliards de F CFA par an et distribuées aux producteurs (Traoré, 2014 ; Essehi, 2019). De plus, depuis le 06 février 2013, il a été adopté un prélèvement de 10 FCFA par kilogramme de caoutchouc bord champ, destiné à soutenir la recherche et le conseil agricole. Il sera applicable aux producteurs de caoutchouc naturel (hors usines) et aux sociétés agricoles de première transformation du latex (Traoré, 2014).

2. Généralités sur le caféier

Les généralités sur le caféier présenteront l'environnement et les maladies et ennemis du caféier, les intérêts autour de la caféiculture et les données statistiques.

2.1. Origine du caféier

Le caféier est un arbuste ombrophile aux feuilles persistantes qui serait originaire des forêts des hauts plateaux de l'Éthiopie et de l'Afrique tropicale (Cri, 2006, Mouen, *et al.*, 2012). Une version fait remonter la découverte du café vers 850 et la situe en Abyssinie, l'actuelle Éthiopie, dans les montagnes de Kaffa (Randrianjohary, 2016 ; Djemaoun, 2017). Selon Louarn (1982), les caféiers sont apparus au crétacé supérieur (-140 Millions d'années à - 65 Millions d'années) dans la zone littorale de la côte Est-africaine, le long du canal du Mozambique (Louarn, 1982). Cette version démontre les origines africaines des caféiers. L'histoire de la découverte du café révèle qu'un berger qui aurait noté que ses chèvres étaient excitées après avoir mangé les feuilles et les fruits d'un arbuste. Il aurait apporté une branche de l'arbuste à un moine qui prépara une boisson à partir des graines recueillies. Étonnés par l'effet stimulant du liquide, les moines attribuèrent la paternité de cette boisson à une divinité. Une autre légende raconte que le moine, après avoir observé l'agitation des chèvres qui consommaient des baies, aurait eu l'idée de faire bouillir les grains afin d'obtenir une potion qui l'aiderait à demeurer éveillé les nuits de prières. Le mot café provient probablement de l'arabe qahwah, tandis que certains linguistes affirment qu'il provient du mot Kaffa, du nom de la province d'Éthiopie où il fut découvert (Djemaoun, 2017). Il a été introduit en Europe vers 1600 et s'est par la suite développé vers l'Afrique de l'ouest entre le 18 et 19^{ème} siècle (Randrianjohary, 2016).

2.2. Botanique du caféier

Le caféier est une dicotylédone de l'ordre des *Rubiales*, de la famille des *Rubiaceae*, qui compte environ 500 genres connus et plus de 6000 espèces (Davis *et al.*, 2011). Le caféier est du genre *coffee* dont parmi les espèces connues, moins d'une dizaine ont été cultivées dans le passé, pour ne laisser place, de nos jours, qu'à deux d'entre eux : *C. arabica* et *C. canephora*. Cette dernière est bien plus connue sous le nom d'une de ses variétés : la variété *robusta* » (Pinard, 2007). Les caféiers sont des plantes pérennes présentant une taille très variable qui peut aller de petits arbustes jusqu'à des arbres d'environ dix mètres. Dans cette famille, les caféiers constituent la tribu *Coffeae* caractérisée par une placentation dite « cofféenne », où la

partie ventrale de l'albumen des graines forme une invagination. Aujourd'hui, nous considérons deux genres : le genre *Coffea* L. subdivisé en deux sous-genres *Coffea* et *Baracoffea*; et le genre *Psilanthus* spp. lui-même divisé en deux sous-genres *Psilanthus* et *Afrocoffea*. Des différences au niveau de la position des fleurs et du mode de développement sont à l'origine de cette séparation (Leroy 1980 ; Bridson 1987 ; Bridson & Verdcourt 1988). Le genre *Coffea*, qui comprend plus de 113 taxons (Davis *et al.* 2006), est essentiellement représenté par les deux principales espèces cultivées : *C. arabica* et *C. canephora*.

Selon Lebrun (1941), la classification systématique de *Coffea canephora* est la suivante :

Règne	: Végétal
Embranchement	: Spermaphyte
Sous Embranchement	: Angiosperme
Classe	: Dicotylédones
Ordre	: Rubiales
Famille	: Rubiaceae
Genre	: <i>Coffea</i>
Espèce	: <i>Coffea canephora</i> Pierre ex. Froehner

2.3. Biologie du caféier

Le caféier est un arbuste de sous-bois, au feuillage vert et luisant, de 3 à 6 m de hauteur, à faible exigence en lumière, aux propriétés stimulantes (Pinard, 2007). Le port de cet arbuste est aéré, diffus et difficilement repérable parmi les autres arbustes du couvert (Figure 10). Le système racinaire du caféier comprend un pivot court (40 à 50 cm), et des racines axiales issues de la partie inférieure du pivot, qui peuvent dépasser plus de 1,20 m de profondeur. Des racines latérales superficielles se ramifient en radicules puis, en poils absorbants, le tout constituant le "chevelu" qui représente 90 p.c. en poids de l'ensemble du système racinaire. Ce chevelu est situé dans les 30 premiers centimètres du sol et assure l'alimentation du caféier en éléments nutritifs (Pinard, 2007).

Le tronc des caféiers peut être conduit sur une tige unique (unicaule) ou multiple (multicaule), selon les espèces, l'origine et la densité de plantation du caféier. Sur un caféier multicaule, on distingue la base du tronc ou souche, les tiges charpentières. Les bourgeons situés sur la souche donnent naissance à de nombreux rameaux orthotropes (verticaux). Certains rameaux seront choisis pour former les tiges charpentières (3 ou 4). Le bois de caféier est très dur, l'écorce est lisse ou légèrement craquelée. Les branches (rameaux primaires) sont longues et grêles, plus ou moins horizontales (plagiotropes), opposées 2 par 2. Elles peuvent donner naissance à des rameaux secondaires et parfois des rameaux tertiaires. Les rameaux se développent pendant la saison des pluies, en même temps que les tiges charpentières (Martin, 1970).

Les feuilles sont de forme ovale, opposées deux (02) par deux (02), à bord plus ou moins ondulé, avec un pétiole court et une couleur verte foncée brillante. Chez le *Coffea canephora* (Robusta), les feuilles peuvent atteindre 20 à 30 cm de longueur et 8 à 15 cm de largeur (Djemaoun, 2017).

Les fleurs apparaissent à l'aisselle des feuilles sur les rameaux d'un ou deux an(s) maximum. Les fleurs sont blanches, petites, avec une odeur de jasmin. Elles sont groupées de 15 à 30 fleurs constituant des glomérules (Figure 11). La fleur est constituée de 5 sépales très réduits formant le calice, 5 pétales blancs étroits au sommet du tube de la corolle, 5 étamines (partie male) supportant les grains de pollen, 1 ovaire avec 2 ovules (partie femelle), donc 2 grains de café par fleur. L'ovaire est surmonté par un long style avec 2 stigmates (Mouen, 2012).

Le café peut fleurir une ou plusieurs fois par an (figure 12). La maturation des cerises dure huit à douze mois selon la variété et l'environnement. En Côte d'Ivoire, la floraison principale a généralement lieu au cours des mois de janvier et février et la récolte des fruits mûrs d'octobre à janvier, en deux à quatre cueillettes.

Comme tout végétal, le cycle végétatif du caféier comporte des moments sensibles, notamment pendant la période de floraison et de formation des cerises. En effet, après une période de sécheresse marquée, la floraison se réalise avec le retour des pluies. Éphémère, cette floraison dure environ deux à trois jours au cours desquels la plantation répand une odeur et paraît enneigée. Les cerises se forment immédiatement avec la fin de la période de floraison et atteignent leur maturité de fruits rouges (Figure 13), après huit mois de croissance pour l'arabica, et dix mois pour le robusta. Les régions caféières qui sont caractérisées par un

régime pluviométrique bimodal réalisent en général deux récoltes par an et celles qui ont un régime pluviométrique unimodal, une récolte. Ce phénomène s'explique par le fait que la floraison du caféier coïncide avec le retour de la saison des pluies

Les grains de Robusta mesurent de 8 à 16 mm de longueur (Figure 14), pèsent environ 0,10 à 0,15 g (une bonne granulométrie est de 13 g pour 100 grains). Avec 100 kg de cerises mures, on obtient 40 kg de cerises sèches en coques à 15 p.c. d'humidité et 24 kg de café marchand (café vert en grains) à 15 p.c. d'humidité.



Figure 10 : plant de *Coffea canephora* var. Robusta âgé de deux ans



Figure 11 : glomérules de la variété Robusta de *Coffea canephora*



Figure 12 : plant de caféier fleuri de la variété Robusta de *Coffea canephora*



Figure 13 : fruits mûrs de la variété Robusta de *Coffea canephora*



Figure 14 : fèves enveloppées par le péricarpe de la variété Robusta de *Coffea canephora*

2.4. Ecologie du caféier

2.4.1. Climat

2.4.1.1. Température

Les caféiers demandent une température moyenne comprise entre 22 et 26°C, avec de faibles amplitudes journalières. Les températures supérieures à 32°C pendant plusieurs heures occasionnent la chute des feuilles et le dessèchement des rameaux. Le Robusta est plus sensible au froid que l'Arabica. Le café robusta apprécie à la fois la chaleur et l'humidité, et tolère une saison sèche de 2 à 3 mois. Le café arabica par contre, requiert plus de fraîcheur, de 20° à 25°C, et supporte mieux la sécheresse. L'arabica tolère des températures voisines de 0°C pendant quelques heures et les températures basses (8 à 10 °C) pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines. Ces basses températures entraînent un ralentissement voire un arrêt du développement et de la croissance de la plante. Dans ces mêmes conditions, la fructification de l'arabica en cours mûrit précocement et celle de l'année suivante (bourgeons dormants) est compromise (Cozil, 2020).

2.4.1.2. Pluviosité

La pluviométrie est un facteur climatique important. Elle est régie par la hauteur totale des précipitations dans l'année et la répartition des pluies tout au long de l'année.

La hauteur d'eau annuelle doit être d'un minimum de 800 mm pour l'arabica, et 1100 mm pour le robusta (Decroix & Snoeck, 2004). Le Robusta tolère de grosses quantités

de pluies, plus facilement que l'arabica, à condition qu'il n'y ait pas d'inondation (que le sol ne soit inondé). La répartition des pluies tout au long de l'année est importante. Il faut compter 120 mm d'eau par mois en moyenne pour une croissance parfaite du caféier (Cozil, 2020). Si la saison sèche dure plus de 6 mois pour l'Arabica, et de 5 mois pour le Robusta, la caféiculture devient difficile surtout s'il s'agit d'une saison sèche "absolue" non entrecoupée de quelques petites pluies. Ainsi, le café robusta nécessite une pluviométrie annuelle variant de 1000 à 3000 mm, une saison sèche de 2 à 3 mois. Le café arabica par contre, requiert plus de fraîcheur et supporte mieux la sécheresse (800 à 1800 mm, 2 à 4 mois de saison sèche). Pour une bonne production, les besoins en eau du caféier doivent être supérieurs à 1100 mm/an (Descroix & Snoeck, 2004).

2.4.1.3. Vent

Le vent agit de façon mécanique en provoquant le bris des troncs et des branches et la chute des feuilles lorsque sa vitesse atteint 70 à 80 km/heure (Brou *et al.*, 2005). Les vents très violents causent souvent de gros dégâts dans les caféières en cassant les arbres, en arrachant les feuilles (défoliation presque totale), en faisant tomber les jeunes fruits (mousson violente). Les vents " moyens " mais secs et chauds provoquent le dessèchement des feuilles et fruits et ralentissent la végétation (évapotranspiration très forte). Les vents secs et chauds entraînent un flétrissement des feuilles et des jeunes rameaux (Brou *et al.*, 2005). Les arbres d'ombrage bien situés et des arbres disposés en brise-vent atténuent ces inconvénients. Les zones les plus appropriées sont celles où le vent est de faible intensité (Cozil, 2020).

2.4.2. Sols

Le caféier s'adapte à des sols très variés de préférence un sol argileux, riche en matière organique (Kébé *et al.*, 2005). Ces sols devraient alors être très profonds (à plus d'un mètre de profondeur), qu'il n'y ait pas de dalles pierreuses (cuirasse latéritique ou roche mère) ayant une bonne structure physique permettant un enracinement profond du caféier. Il est proscrit des sols hydromorphes et non inondable avec une nappe phréatique proche de la surface (risque d'asphyxie des racines). La majorité des sols de la zone caféière ivoirienne sont des ferralsols caractérisés par une somme des bases échangeables inférieure à 8 méq/100 g de sol, un taux de saturation du complexe adsorbant inférieur à 80 p.c. et un pH oscillant entre 4,5 et 6,5 (Eponon *et al.*, 2017).

2.4.2.1. Topographie du terrain

La topographie est un facteur de distinction entre le Robusta et l'Arabica. En zones intertropicales, la variété arabica prospère en régions d'altitude variant entre 1500 et 2000 m selon la latitude, le café robusta occupe des régions plus basses. Le robusta peut évoluer à 600 m d'altitude sous ombrière pour éviter la chaleur et l'humidité et l'arabica entre 600 et 2000 m d'altitude (Randrianjohary, 2016).

2.4.2.2. Profondeur du sol

La profondeur du sol est un facteur important étant donné que le système racinaire comporte un pivot et des racines latérales. En effet, la rhizosphère caféière comporte un pivot allant jusqu'à 1m de profondeur et des racines latérales sont situées entre 30 et 40 cm de profondeur (DaMatta, *et al.*, 2007).

2.4.2.3. Qualité physique du sol

La composition granulométrique qui intervient dans la structure du sol et dans sa capacité de rétention en eau, est considérée par des spécialistes des sols tropicaux comme la caractéristique physique la plus importante, et un des éléments essentiels de la fertilité. La nature du sol apporte toutes les qualités organoleptiques au café. L'idéal est une terre argilo-sableuse d'origine volcanique, riche en matière organique et qui retient très bien l'eau mais non inondable et profond (Kébé *et al.*, 2005). Les sols issus des roches volcaniques ou volcano-sédimentaires sont particulièrement appréciés par ce type de cultures car elles sont très riches en minéraux, fertiles et bien drainées, elles sont essentielles à l'équilibre des fonctions végétatives du caféier (Cozil, 2020).

2.4.2.4. Composition chimique des sols

La majorité des sols de la zone caféière ivoirienne sont des ferralsols (WRB, 2014) caractérisés par une somme des bases échangeables inférieure à 8 cmol.kg⁻¹, avec un taux de saturation du complexe adsorbant ou en base inférieur à 80 p.c. et un pH oscillant entre 4,5 et 6,5 (Perraud, 1971 ; Eponon *et al.*, 2017). Pour une bonne croissance et un bon développement du caféier, calcium, magnésium, phosphore, potassium, soufre, et cuivre devront faire partie des micro-éléments constitutifs de ce sol (Cozil, 2020).

2.5. Maladies et ennemis du caféier

Le caféier est confronté à de nombreuses maladies et attaques de ravageurs. Ces ennemis peuvent s'attaquer à toutes les parties du végétal en fonction de l'agent pathogène

responsable. Les ennemis du caféier sont les maladies causées par les insectes, les ravageurs et les affections physiologiques (Pinard, 2007).

Les maladies des feuilles telles que la rouille orangée causée par *Hemileia vastatrix* et la rouille farineuse du caféier due à *Hemileia coffeicola* (Waller, 1982 ; Pinard, 2007 ; Mahé, 2007 ; Garrido, 2010 ; Avelino & Rivas, 2013). Les feuilles sont aussi attaquées par les insectes et ravageurs tels que *Epicampoptera strandi* et *Zonocerus variegatus*. La chenille « queue de rat » *Epicampoptera strandi* est facilement identifiable par son appendice caudal filamenteux et un renflement semi globuleux situé en arrière de la tête. La ponte est faite sur la face inférieure de la feuille. Les chenilles dévorent les feuilles (chaque chenille consomme l'équivalent de son poids chaque jour). Le criquet puant *Zonocerus variegatus* dont les dégâts sont commis à tous les stades ; jeunes larves et adultes se nourrissent de feuilles et jeunes pousses. En cas d'attaque grave, les caféiers sont entièrement défoliés. Les buissons de *Chromolena odorata* pas trop dense et les touffes de *Ageratum conyzoides* sont les lieux de ponte. Il faut aussi noter les affections physiologiques tels que les phytotoxicités due aux herbicides et/ou aux engrais.

La trachéomyose qui engendre le dessèchement d'une branche au début de l'attaque puis généralisation des dégâts et mort de l'arbre est l'une des principales maladies de tige, de branches ou de rameaux du caféier (Pinard, 2007). Parmi les insectes et autres ravageurs qui attaquent le tronc et les rameaux, nous pouvons citer :

- la punaise bigarrée (*Antestiopsis lineaticollis int*) qui, à l'état larves âgées et adultes, piquent les jeunes baies et causent leur avortement,
- le scolyte des fruits (*Hypothenemus hampei*) qui cause des dégâts aux récoltes en perforant les grains de café dans lesquels plusieurs descendants se nourrissent et se développent,
- la pyrale des baies (*Thliptoceras octoguttalis*) qui fore des trous dans ces dernières près du pédoncule d'attache,
- les fourmis (*Oecophylla longinoda*) qui accolent les feuilles pour constituer leurs nids; mais leurs morsures douloureuses ou piqûres aux caféiculteurs lors des travaux d'entretien ou de récolte, en font souvent les seuls hôtes du caféier nécessitant un traitement insecticide, avant récolte (Pinard, 2007) -

- le scolyte des branchettes (*Xyleborus morstatti*) dont la femelle creuse des galeries circulaires qui atteignent la moelle où elle s'enfonce dans les deux directions opposées,
- les foreurs du tronc (*Bixadus sierricola*) dont les larves, de couleur blanc-jaunâtre et mesurant environ 5 cm de long, pénètrent dans le bois et creusent des galeries,
- les foreurs des tiges (*Apate monachus*) qui taraudent le tronc et les branches principales (Pinard, 2007).

Les pourridiés sont les principales maladies des racines des caféiers. Ces maladies causées par les champignons qui attaquent les racines et provoquent la mort de l'arbre. Des fructifications du champignon apparaissent à la base du tronc du caféier. Les insectes et autres ravageurs qui attaquent les racines sont les termites (les champignonnistes : ancistrotermes spp. microtermes spp. macrotermes spp. odontotermes spp. pseudacanthotermes spp. ; les xylophages, les fourrageuses, les humivores) qui s'attaquent à l'écorce et au bois, les grillons qui sectionnent les jeunes plants en pépinière ou en plantation à la base et les utilisent comme nourriture et les courtilières qui creusent les galeries dans le sol et sectionnent au passage les racines qu'elles rencontrent.

2.6. Intérêts du caféier

L'importance du secteur café dans l'économie mondiale est très considérable et ne saurait être sous-estimée. Cultivé dans plus de 70 pays de la zone intertropicale, le café constitue le premier produit agricole d'exportation (Charrier & Eskes, 1997). Il est estimé que 70 p.c. de la production mondiale de café sont réalisés par de petits producteurs implantés dans 85 pays d'Asie, d'Afrique, d'Amérique Latine, d'Amérique Centrale et d'Océanie (Toledo & Moguel, 2012). Ainsi, le caféier est cultivé pour ses fruits qui donnent les grains de café ou cerises. Après traitement des cerises, le café vert est destiné principalement à l'exportation. Le café représente la première denrée agricole échangée dans le monde avec 4 p.c. du commerce mondial des produits alimentaires et la deuxième matière première commercialisée dans le monde, après le pétrole (Lamah, 2013). Le café est de ce fait l'un des produits de base dont le commerce est le plus répandu dans le monde. Sa culture, sa transformation, son transport et sa commercialisation emploient des millions de personnes dans le monde. Ce commerce satisfait la consommation régulière de plus de deux milliards de personnes (Toledo & Moguel, 2012) et fait vivre plus de vingt millions de producteurs et leurs familles (Eccardi & Sandalj, 2002).

La consommation mondiale s'élève à environ 5,1 millions de tonnes de café vert par an. Elle est surtout concentrée en Europe de l'Ouest, en Amérique du Nord et au Japon, pour 79 p.c. de l'offre globale (Anonyme, 2007). Le caféier (*Coffea canephora*), produit le café commercialement dénommé Robusta, représente 35 p.c. de la production mondiale, le reste correspondant au café Arabica produit par *C. arabica*.

2.7. Données statistiques sur le caféier

2.7.1. Données statistiques dans le monde

Derrière le pétrole, le café est la deuxième matière première échangée dans le monde et c'est la première matière agricole en terme de volume. L'unité de mesure de production est le sac de 60 kg (kilogramme) de café vert. La production mondiale annuelle de l'économie du café ne cesse d'augmenter et dépasse les 120 millions de sacs (Ms). La production mondiale de café s'élève à plus de 7,2 milliards de kilos par an, soit 235 kg de café toutes les secondes (OIC, 2020).

La production mondiale de café réalisée, lors de la campagne 2017/2018 était de 167,81 Ms. La production de la campagne 2018/2019 est en hausse par rapport à celle de la campagne précédente selon l'Organisation Internationale du Café (OIC) dans son rapport mensuel de septembre 2019 (OIC, 2019). Cette production (2018/2019) est de 169,81 millions de sacs (Ms) dont 102,68 Ms pour l'Arabica et 67,18 Ms pour le Robusta. L'arabica a connu une augmentation de 1,8 p.c. et le robusta de 6,7 p.c. (OIC, 2020).

La production caféière a augmenté dans toutes les régions à l'exception du Mexique et le reste de l'Amérique centrale où la récolte a diminué de 0,8 p.c. soit 21,47 Ms. Elle a progressé de 4,8 p.c. en Amérique du Sud soit 80,95 Ms, de 4,6 p.c. en Asie et en Océanie soit 48,46 Ms et de 1,9 p.c. en Afrique soit 17,99 Ms. Cette production est assurée en grande partie par le Brésil, qui est le plus gros producteur de café (29 p.c. de la production mondiale), suivi par le Vietnam (14 p.c. de la production mondiale) et la Colombie (10,6 p.c. de la production mondiale). Dans ces pays, la caféiculture est rarement une culture traditionnelle. Dans le cas du Vietnam, elle résulte entièrement d'une volonté politique encouragée par la banque mondiale (Gonzalez, 2013).

2.7.2. Données statistiques en Afrique

La production caféière en Afrique est dominée par l'Éthiopie, l'Ouganda et la Côte d'Ivoire. Lors de la campagne 2019/2020, la consommation africaine du café a progressé de

0,9 p.c. par rapport à celle de 2018/2019. Par ailleurs, sa production est de 18,825 Ms (Commodafrica, 2020). Toutefois, l'Afrique réalise une hausse de 7 p.c. de ses exportations soit 7,66 Ms d'octobre à avril 2019/2020. La progression est très nette pour l'Éthiopie et l'Ouganda tandis que la Côte d'Ivoire enregistre une baisse de production. Les exportations de café de l'Éthiopie ont connu une hausse de 19,2 p.c. soit 2,04 Ms avec des exportations en avril en progression de 30 p.c. (374 000 sacs). Même tendance en Ouganda, avec une augmentation de 19,6 p.c. soit 2,93 Ms et des exportations en avril 2020 en hausse de 17,5 p.c. (360 000 sacs).

2.7.3. Données statistiques en Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire, est classée premier pays producteur africain du café en 2010 avec 260 000 t. Les statistiques ivoiriennes de café, en 2009, sont estimées à 26 785 t, soit une hausse de 2,46 p.c. par rapport aux exportations antérieures. En 2016, une sévère sécheresse avait impacté les zones de production entre janvier et mars. Ainsi, la Côte d'Ivoire a produit 817 000 sacs. Cette production a augmenté la campagne suivante (2017/2018). Elle était estimée à 1,3 Ms. Ces productions font de la Côte d'Ivoire le troisième producteur et exportateur d'Afrique (Commodafrica, 2019). Cependant, les exportations de Côte d'Ivoire ont diminué de 3,8 p.c. pour atteindre 953 000 sacs au cours des sept premiers mois de 2019/2020. Une grande partie de cette baisse s'est produite en avril, lorsque les exportations ont chuté de 52,4 p.c. pour s'établir à 60 000 sacs en raison de la moindre disponibilité des conteneurs d'expédition (Commodafrica, 2020).

3. Généralités sur les systèmes de culture à base d'hévéa

Les systèmes traditionnels de culture mis en œuvre par les agriculteurs des régions tropicales sont souvent complexes: associations de plantes dont l'architecture, le cycle et l'utilisation sont très diversifiés. Ce chapitre donne les définitions essentielles, ainsi que quelques éléments permettant de mieux comprendre le fonctionnement des systèmes de culture, et de raisonner les possibilités d'amélioration.

3.1. Définition

3.1.1. Système de cultures

Un système est un ensemble d'éléments interdépendants, en interaction dynamique, qui concourent à un fonctionnement pour aboutir à un résultat (Sébillotte, 1982). L'échelle d'approche varie du système de culture au système agraire, en passant par le système de production. A ces différents niveaux correspondent, respectivement, la parcelle, l'exploitation agricole et le terroir (Sébillotte, 1982 ; Brou, 2002).

Un système de culture est, de ce fait, un ensemble de modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique. Chaque système se définit par la nature des cultures et leur ordre de succession et les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés (Sébillotte, 1990). Le système de culture se caractérise donc comme étant un sous-ensemble de systèmes de production définis, pour une surface de terrain traitée de manière homogène, par les cultures, avec leur ordre de succession et les itinéraires techniques (N'Cho, 2001 ; Doré, 2004). L'itinéraire technique, selon Jouve (1989), rend compte du processus de production à l'échelle de la parcelle (modes et techniques de préparation de la parcelle, de mise en place des cultures, d'entretien des cultures et de récolte des productions).

3.1.2. Système de culture à base d'une spéculation principale

Le système de culture à base d'une spéculation principale (ou pivot) est défini par Ndabalishye (1995) en tenant compte des caractéristiques suivantes :

- la spéculation constitue le pivot de l'organisation de l'itinéraire technique et de l'arrangement spatial des autres espèces végétales impliquées ;

- la spéculation, si elle est vivrière, constitue l'aliment de base de la population concernée ;
- la spéculation fait partie du patrimoine culturel et peut intervenir dans les rites liés aux traditions, et donc à l'histoire.

Partant de ce qui précède, un système de culture à base d'hévéa est un système de culture dont l'hévéa est la culture principale. L'hévéa est cultivé, soit en culture pure ou soit, en association avec d'autres cultures (vivrières et/ou pérennes) sur la même surface. Les associations culturales à base d'hévéa sont pratiquées dans de nombreux pays producteurs de caoutchouc naturel tels que le Brésil, l'Indonésie, la Thaïlande et la Malaisie (Penot & Ollivier, 2009).

3.1.3. Culture pure

On parle de culture pure lorsqu'une seule espèce végétale est cultivée sur la parcelle. Cette définition est controversée. En effet, selon certains auteurs (Steiner, 1985 ; Baldy et Stigter, 1993), on considère l'espèce, la variété ou le clone. D'autres auteurs comme Jacquard (1982), se fondent sur le clone ou la variété. Ainsi, une culture pure d'hévéa en Afrique serait une culture associée, parce qu'il s'agit, bien souvent, d'un mélange de clones. Certains agronomes s'appuient plutôt sur l'espèce, d'autres parlent de production ou de culture. Nous en resterons à l'espèce qui semble être le critère de détermination assez pertinent pour les systèmes de culture traditionnelle en régions tropicales. Par ailleurs, la culture pure en hévéaculture est le fait des grandes exploitations industrielles de tous les pays hévéicoles.

3.1.4. Cultures associées

La culture associée ou l'association culturale, « intercropping » en anglais, se définit comme la culture de deux ou plusieurs espèces végétales différentes sur la même parcelle, leurs cycles culturaux se chevauchant, sans pour autant être forcément plantées ou récoltées dans la même période. Il y a, cependant, simultanéité globale dans le temps et dans l'espace (Salez, 1988). Une définition plus technique est celle proposée par Kéli *et al.* (2005a). Selon ces auteurs, l'association culturale consiste en la culture simultanée, sur la même parcelle, de deux ou plusieurs espèces végétales, de caractéristiques biologiques et de techniques d'exploitation différentes.

Les pratiques agricoles associant deux ou plusieurs espèces végétales sont fort anciennes (Kéli, 2005). Elles sont particulièrement courantes dans les agricultures paysannes. Les cultivateurs utilisent des systèmes de culture que l'on peut qualifier de systèmes

agroforestiers simples (hévéa associé aux cultures vivrières) ou complexes ; hévéa associé à plusieurs espèces végétales dont l'ensemble forme plusieurs strates de végétation (Michon & De Foresta 1991). Le système agroforestier complexe, le plus connu, est le “ jungle rubber ”. Il s'agit d'un système de culture extensif où la forêt secondaire est associée à l'hévéa. Parmi les systèmes d'association de culture à base d'hévéa, on peut distinguer :

- les systèmes de culture où l'hévéa est associé à des cultures vivrières intercalaires pendant la période immature de l'arbre est l'association, la plus développée. Elle est généralement et objectivement limitée aux deux, voire trois premières années pour les cultures vivrières annuelles. Dans les interlignes de l'hévéa, il est possible de faire d'autres associations entre les cultures vivrières existantes. Ces associations culturelles couvrent plusieurs modalités suivant les dates de semis des espèces en présence, leur arrangement spatial ou leur nature. C'est ainsi que l'on distingue :

- la culture intercalaire (row cropping), qui présente une alternance de lignes de semis ; chaque ligne étant composée d'une seule des espèces représentées (Steiner, 1985). Il s'agit du type le plus expérimenté, en particulier, dans les systèmes à base de plantes pérennes telles que l'hévéa (Kéli *et al.*, 2005a) ;
- la culture en mélange (mixed cropping), qui se caractérise par une alternance des espèces à l'intérieur des lignes de semis, ou bien une disposition en vrac des espèces sur la parcelle. Les composantes y apparaissent intimement mêlées (Steiner, 1985). Il s'agit du type d'association le plus représenté en zone forestière de Côte d'Ivoire (Camara & Koffi, 2004 ; Bahan *et al.*, 2012) ;
- la culture en bande (strip intercropping), qui fait alterner des bandes de chaque composante de l'association. Ces bandes sont suffisamment étroites pour qu'il y ait une interaction des espèces, et suffisamment larges pour permettre une culture indépendante de chaque espèce (Steiner, 1985) ;
- la culture en étage (multi-storey cropping), qui correspond à l'association de plantes pérennes (étage supérieur), avec des plantes moins hautes, annuelles ou bisannuelles, et à cycle cultural plus court (Steiner, 1985).

- les systèmes de culture où l'hévéa est associé à des cultures pérennes ou forestières de façon permanente et à des cultures vivrières intercalaires pendant la période immature de l'arbre.

Les cultures sont associées à l'hévéa de manière à ne pas nuire à sa croissance, à répondre aux besoins de consommation des populations et à être aisément commercialisables. Les objectifs des associations culturales sont d'assurer la sécurité alimentaire, pendant la phase immature des hévéas, de diversifier les cultures et les sources de revenus des exploitants sur une superficie limitée, d'éviter la dépendance d'une source de revenu provenant d'une seule culture, de créer un écosystème de forêt secondaire susceptible de freiner la dégradation du milieu et d'utiliser au maximum les ressources limitées en terres (Kéli *et al.*, 2006).

3.2. Etat de connaissance sur les systèmes de culture à base d'hévéa

Si l'association culturelle avec les cultures vivrières durant la phase immature de l'hévéa fait l'objet de nombreuses études, il n'en est pas de même pour les associations incluant des cultures pérennes ou forestières. Pourtant, certains exploitants pratiquent depuis longtemps ce système de culture particulièrement en Indonésie (Penot & Budiman, 1997). Outre, les systèmes de monoculture stricte avec plante de couverture initialement préconisée dans les projets des années 1950 à 1980 (Penot, 1999), il existe des systèmes agroforestiers incluant l'hévéa divisés en systèmes agroforestiers simples ou complexes (Michon & De Foresta 1991). Quelques associations hévéa-cacaoyer ont été mises en place à titre expérimental au Brésil (Jobbé-Duval, 1992), au Gabon (Marquette, 1991), en Côte d'Ivoire (IRRDB, 1996) avec des résultats encourageants (pas de dommages sur l'hévéa, fleurs plus précoces pour les cacaoyers, rendement croissant avec l'âge). On compte au Brésil plusieurs milliers d'hectares de cacaoyer sous ombrage d'hévéa (dans la région d'Itubuma) (Jobbe-Duval, 1992). L'agroforesterie à base d'hévéa est très peu recensée. Il existe peu d'études menées dans ce domaine par rapport aux travaux liés à la monoculture d'hévéa. Les seuls documents existants dans ce domaine de recherche, sont généralement des rapports d'activités internes ou de missions. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'hévéaculture ait été diffusée principalement par les sociétés de plantations et les organismes de développement suivant le modèle de la monoculture. Par ailleurs, les données recensées concernent presque exclusivement les pays d'Asie du sud à forte tradition agro-forestière (Malaisie, Thaïlande, Indonésie). Les pays producteurs d'Afrique semblent avoir orienté principalement leurs recherches sur les associations temporaires avec des cultures annuelles ou pluriannuelles. De gros efforts restent donc à réaliser non seulement pour confirmer localement la pratique de systèmes de culture de type agroforestier mais aussi dans la recherche.

3.2.1. Quelques associations hévéa - culture pérenne et leur compétition

L'association hévéa – culture pérenne permet la valorisation de l'investissement initial sur les espèces végétales associées au lieu d'une seule, et ainsi une intensification culturale dans les zones où la disponibilité du foncier est limitante. Cependant, la compétition pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux entre les espèces cultivées peut être une contrainte à ce système de culture.

3.2.1.1. Cacao

À titre expérimental, quelques associations hévéa-cacaoyer existent au Brésil, au Gabon et en Côte d'Ivoire en station, avec des résultats encourageants pour les premières années puis, de faibles rendements sont obtenus avec l'ombrage à partir de la sixième année (Snoeck *et al.*, 2013). En Inde, une association multi-espèce incluant le cacao, le poivre, la banane et l'ananas est encore au stade expérimental. Les essais réalisés avec un système à large écartement (entre 10 et 16 m) et double interligne (deux à quatre lignes d'hévéa combinées) s'avèrent beaucoup plus prometteurs. Au Brésil, plusieurs milliers d'hectares de cacao ont été mis en place sous ombrage d'hévéa par les petits producteurs dans la région d'Itubuma. En Côte d'Ivoire, plusieurs actions et projets d'introduction de la culture de l'hévéa conduits dans l'ancienne boucle du cacao ont donné des résultats prometteurs (Ruf *et al.*, 2006). L'avenir de l'association hévéa-cacaoyer repose assurément sur les systèmes à très large écartement, de 12 à 18 m entre les doubles et/ou triples lignes d'hévéa. Même si, cette pratique reste encore très peu développée.

3.2.1.2. Café

Avec le café et le thé, la problématique est la même que pour le cacao en association avec l'hévéa. Ces trois spéculations peuvent accepter l'ombrage en fonction de l'orientation technique décidée par le producteur (plein soleil ou ombrage partiel) mais ne peuvent guère subir l'ombrage trop intense d'une plantation d'hévéa mise en place à forte densité et faible écartement. Au Brésil, dans le cadre de plantations privées, sont présentes des associations hévéa-caféier pour une dizaine d'années, mais l'hévéa est destiné à remplacer le café. En Chine, à Hainan, le café arabica est planté suivant une densité standard de 5 000 plants par hectare (deux rangs avec des interlignes de 10 m entre les hévéas, quatre pour des interlignes de 15 m). Cette association est mise en place par des petits planteurs pour une durée de huit ans, car au-delà la compétition interspécifique et l'ombrage de l'hévéa sont rédhibitoires pour les caféiers. Il se peut qu'une troisième culture soit intégrée : l'ananas

(Saint Pierre, 1989). Globalement, le café, comme le cacao, n'est pas intéressant avec l'hévéa en système intercalaire traditionnel (6 m entre les lignes d'hévéa).

3.2.2. Quelques associations hévéa – cultures vivrières

Pendant la phase immature de l'hévéa, les interlignes sont généralement occupées par une plante de couverture, notamment le *Pueraria phaseoloïdes* qui, bien que satisfaisante au plan agronomique ne fait l'objet d'aucune exploitation alimentaire ou commerciale (Broughton, 1977 ; Kéli *et al.*, 1990 ; 1991). Cette pratique peut entraîner des contraintes socio-économiques et foncières pour les petits planteurs pendant les 5 ou 6 premières années improductives des hévéas (Kéli & Serve, 1988). En effet, la plante de couverture ne fait l'objet d'aucune exploitation, ni alimentaire, ni commerciale. Alors que les petits planteurs ne disposent le plus souvent que de surfaces agricoles restreintes. Ce qui peut entraîner une concurrence pour l'espace entre l'hévéa et les autres cultures.

Plusieurs essais d'associations hévéa – cultures vivrières ont été réalisés en Côte d'Ivoire pour identifier, d'une part, les techniques et les rotations culturales possibles et, d'autre part, pour vérifier la possibilité de faire de la monoculture vivrière en intercalaire des hévéas avec ou sans apport de fumure (Kéli *et al.*, 2005a).

DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL ET METHODES

1. Zone d'étude

La majorité des cultures pérennes se sont développées dans les zones forestières où les conditions agropédoclimatiques sont généralement favorables. Ainsi, le domaine hévéicole ivoirien s'étend de la zone forestière de la basse Côte d'Ivoire à l'Ouest montagneux (Traoré, 2014).

L'étude a été conduite sur deux sites que sont Man et San-Pedro (HEVEGO actuel SCASO). Toutefois, il serait nécessaire d'indiquer les grands traits physiques des cadres de réalisation de la présente étude. Par ailleurs, le choix de San-Pedro est dû à la forte représentativité de l'hévéaculture dans la zone du Sud (aire traditionnelle de la culture de l'hévéa) et celui Man dû à la progression de cette culture vers de zones nouvelles du Centre, Centre-Est, Nord-Ouest et l'Ouest, qualifiées de marginales (Omont, 1982).

Le travail de la thèse a duré 4 années civiles. Cependant, nous avons utilisé des données collectées durant 14 années sur un essai expérimental à HEVEGO et des données collectées via nos enquêtes dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire.

1.1. Site de Man

1.1.1. Présentation administrative et situation géographique

Située à l'Ouest de la Côte d'Ivoire à 580 km d'Abidjan (capitale économique) et à 300 km de Yamoussoukro (capitale politique), le département de Man, chef-lieu de la région du Tonkpi est créé par le décret du 07 Novembre 1963 de la loi numéro 63-456 modifiée par la loi numéro 69-241 du 9 juin 1969 (ANADER, 2014). Man est également chef-lieu du district des montagnes. La région du Tonkpi, l'une des plus vastes de la Côte d'Ivoire est située à l'extrême Ouest dans le district des montagnes (RGPH, 2014a). Elle s'étend sur une superficie de 12 284 km². Elle est limitée au Nord, par la région du Bafing, à l'Est, par les Régions du Worodougou et du Haut-Sassandra, au Sud, par les régions du Cavally et du Guémon, à l'ouest, par les Républiques de Guinée et du Libéria (Figure 15). Elle regroupe les départements de Biankouma, Danané, Man (chef-lieu), Sipilou et de Zouan-Hounien. Les coordonnées de la région du tonkpi en degré minute seconde sont de 7°34'45" N et 7°33'14" W (ANADER, 2014 ; RGPH, 2014a) et d'altitude 329 m par rapport au niveau de la mer (Anonyme, 2019).

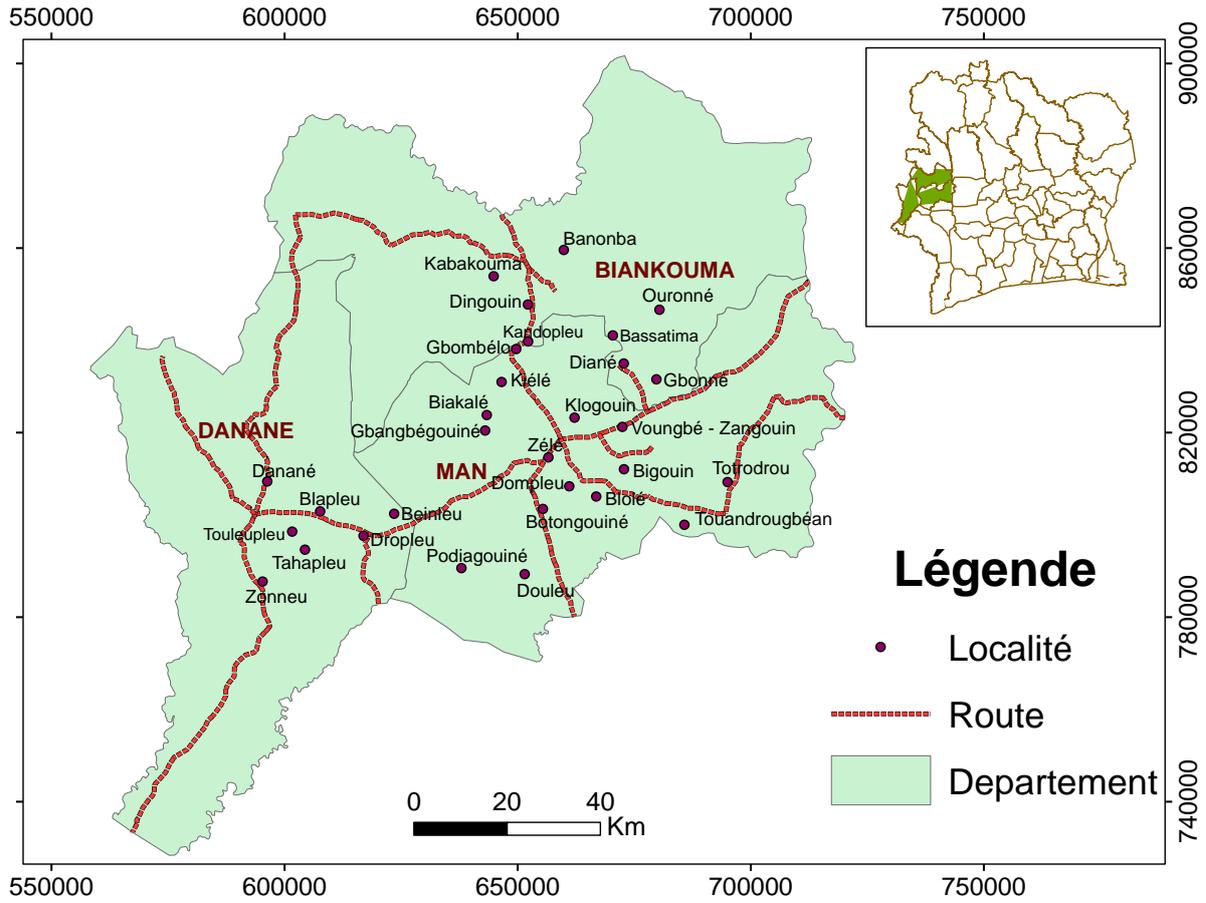


Figure 15 : zone d'enquête

1.1.2. Milieu naturel

1.1.2.1. Climat

Le climat de Man est de type tropical humide. La pluviométrie est de type monomodal (Figure 16) avec une longue saison pluvieuse de huit (8) mois allant de Mars à Octobre (ANADER, 2014). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1788,4 mm (CNRA, 2016).

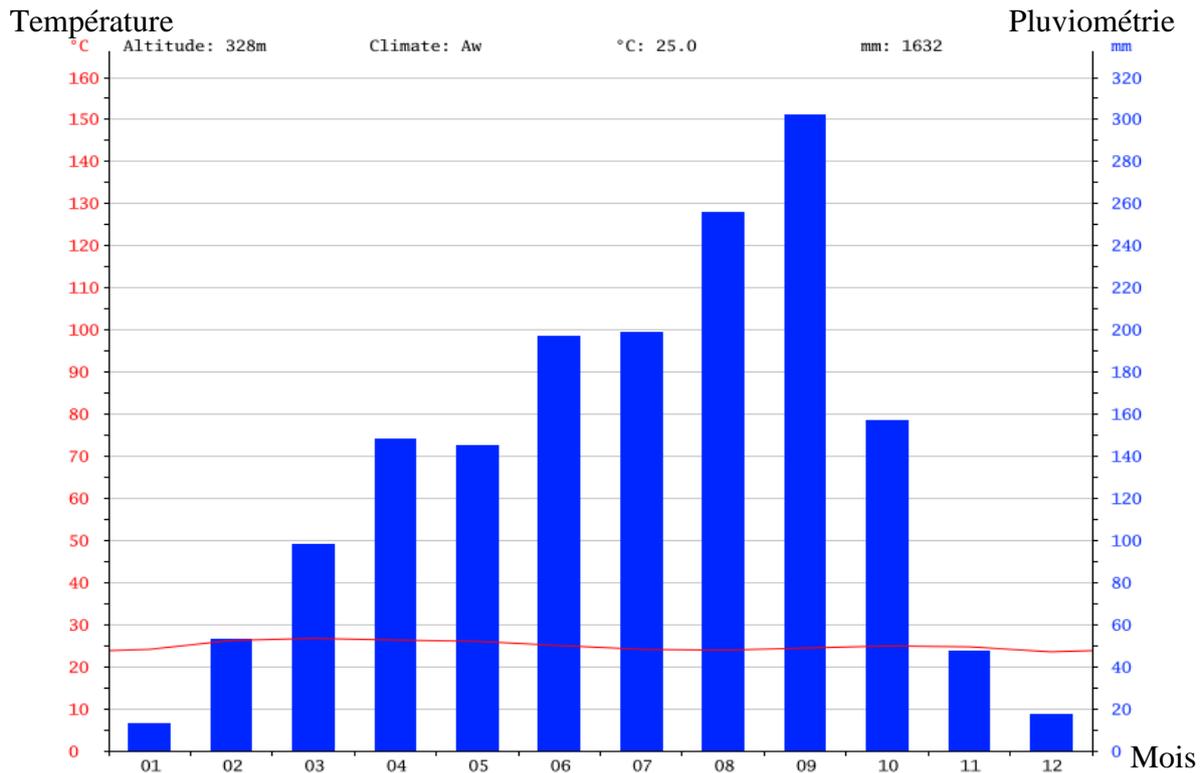


Figure 16 : courbe ombrothermique de la région de Man

Source : [Climate-Data.org>Afrique>Côte d'Ivoire>Montagnes>Man](https://climate-data.org/Afrique/Côte-d'Ivoire/Montagnes/Man)

1.1.2.2. Végétation et faune

Le paysage agricole couvre 70 à 80 p.c. du département de Man. La végétation est dominée par de nombreuses jachères et des plantations de cultures pérennes (ANADER, 2014 ; CNRA, 2017). On rencontre des végétations arbustives de jachères, et herbacée dans les bas-fonds ou plaines, une forêt galerie généralement le long des rivières, des fleuves et les aires protégées que sont les réserves, les parcs, les forêts classées et sacrées. Les herbacées les plus représentées sont *Chromoleana odorata*, *Alchornea cordifolia*, *Hyparrhenia spp*, *Imperata cylindrica*, et *Titonia diversifolia*. Les principales essences rencontrées sont *Ceiba pentandra* (Fromager), *Terminalia ivorensis* (Framiré), *Milicia Sp.* (Iroko), *Triplochiton scleroxylon* (Samba), *Khaya Sp.* (Acajou), *Terminalia superba* (Fraké), *Pouteria aningeri* (Aniégré), *Khaya senegalensis* (Baya), *Morus mesozygia* (Diffou), *Pterygota macrocarpa* (Koto), *Mansonia altissima* (Bété), *Entandrophragma cylindricum* (Aboudikro), *Nesogordonia papaverifera* (Kotibé), *Antiaris toxicaria* (Ako), *Distemonanthus benthamianus* (Movingui), *Piptadeniastrum africanum* (Dabéma), *Parkia biglobosa* (Néré), etc. (ANADER, 2014).

La faune comprend les animaux de grande et de petite taille, une variété d'oiseaux et de reptiles, des amphibiens et des insectes, des espèces aquatiques. (ANADER, 2014).

1.1.2.3. Relief

Le relief du département de Man est marqué par un ensemble de massifs montagneux (Bakayoko *et al.*, 2013). Ces massifs forment une chaîne de montagnes qui s'ouvre au Sud sur une vaste pénéplaine. Le massif de Man se présente comme une zone d'altitude généralement élevée, constituée d'une succession de dômes séparés par des vallées profondes. S'étendant d'Est en Ouest, il est formé de deux sous-ensembles de part et d'autre de l'incision de la vallée du N'Zo, avec les Monts des Toura à l'Est pratiquement dépourvus de végétation et les Monts des Dan couverts de reliques forestières à l'Ouest. Dans cet ensemble rocheux de 500 à 1000 mètres d'altitude, les sommets les plus élevés sont les Monts Tonkpi (1189 m), Mia (1077 m), Glo (1175 m) et la « Dent de Man », qui culmine à 881 m d'altitude (Anonyme, 2007 ; ANADER 2014). Quant aux vallées, elles se situent entre 350 et 700 mètres de profondeur.

1.1.2.4. Hydrographie

Le réseau hydrographique est constitué des eaux d'écoulement qui sont drainées vers le Sassandra à l'Est et le Cavally à l'Ouest par l'intermédiaire de nombreux affluents. Les principaux affluents du Sassandra sont le Boa, le FéréDougouba, le Bafing, le Kouin, le Guémon et le N'Zo. Ceux du Cavally sont le Mémo et le N'zo (ANADER, 2014 ; CNRA, 2017).

1.1.2.5. Sols

Les sols de Man sont essentiellement de type ferralsol (WRB, 2004). Ils sont de texture sablo-argileuse dans les horizons de surface et de texture argileuse en profondeur. Ils sont généralement gravillonnaires, avec des possibilités de cuirasses latéritiques en particulier sur les sommets (Bahan, 2016). Leur aptitude culturale est généralement bonne, en dehors de toute contrainte physique (cuirasse et blocs rocheux).

1.1.3. Activités agricoles

Les activités agricoles occupent une place très importante dans l'économie du département et représentent 60 à 65 p.c. de l'économie globale du département.

1.1.3.1. Population et activités agricoles

Selon le Recensement des Exploitants et Exploitations Agricoles (REEA) 2015/2016, la région du Tonkpi qui compte 106 469 ménages agricoles dont 83 809 ménages agricoles ruraux et 22 660 ménages agricoles urbains présente le plus grand nombre de ménages agricoles du pays. Cette population agricole, estimée à 200 935 habitants, représente

58 p.c. de la population totale. Le département de Man est peuplé de Yacouba, peuple autochtone faisant partie de l'ensemble Dan. On note, la présence d'allochtones (Baoulé, Agni, Sénoufo, Abron, etc.), et d'allogènes africains (Maliens, Burkinabés, Guinéens). Une frange importante de la population (70 p.c.) est jeune et constitue ainsi une réserve certaine pour la relève paysanne de demain (ANADER, 2014 ; Anonyme, 2017).

La physionomie du milieu physique (végétation, relief, sol et climat) de la région de Man met en évidence sa vocation agricole. Ainsi, les cultures d'exportation, les cultures vivrières et maraichères sont présentes à Man. Les cultures pérennes sont principalement le caféier, le cacaoyer, le palmier à l'huile et surtout l'hévéa qui est en pleine expansion. Les spéculations vivrières sont le riz, le manioc, le maïs, l'igname, le bananier plantain et le taro. Il faut noter que l'alimentation des Yacouba à l'instar de tous les peuples de l'Ouest forestier de Côte d'Ivoire se compose essentiellement du riz et du manioc. A ces deux plats principaux, il faudra ajouter de la banane plantain, de l'igname, de la patate douce etc. Les cultures maraichères sont dominées par les légumes de type africain que sont l'aubergine locale, le gombo, le piment, la tomate à côtes, etc. Les légumes du type européen sont pratiqués dans les bas-fonds autour des villes et dans certains villages. Ces légumes sont le chou, la laitue, le concombre, la tomate ronde (ou ovale), le haricot, la carotte, l'oignon, etc. Les semences améliorées sont de plus en plus utilisées en milieu périurbain (ANADER, 2014).

L'élevage, de type traditionnel, est marginal et concerne la volaille, les bovins, les ovins, les caprins et les porcins (CNRA, 2017).

1.1.3.2. Potentialités et contraintes agricoles de la région

1.1.3.2.1. Potentialités agricoles

Les potentialités agricoles de la région sont nombreuses et variées. La région de Man présente une production végétale et animale très diversifiée. Elle montre également une géomorphologie très modelée (montagnes, plaines, plateaux, bas-fonds) présentant des aptitudes culturelles variées :

- une pluviométrie favorable à l'agriculture (environ 1800 mm par an) ;
- un réseau hydrographique dense ;
- une disponibilité de nombreux bas-fonds aménagés par le projet BAD-Ouest, favorisant la culture du riz irrigué ;

Par ailleurs, Man est marqué par :

- la présence dans la région de l'ANADER (Structure de conseil agricole) et de nombreuses organisations des paysans (OPA) ;
- l'existence de technologies endogènes (fabrication d'huile rouge...) ;
- la présence dans la région d'un environnement scientifique important et varié (CNRA, Universités de Man) ;
- l'existence de riches collections de caféiers et d'un jardin à bois de greffe composé de plusieurs clones d'hévéa à la Station de recherche du CNRA de Man (CNRA, 2017 ; Mameri, 2019).

1.1.3.2.2. Contraintes agricoles

Dans cette région, l'agriculture est confrontée à de nombreuses contraintes plus ou moins importantes. Parmi ces contraintes, nous pouvons noter :

- la présence de montagnes et de blocs rocheux sur le tiers de la superficie totale de la région ;
- la présence de gros blocs rocheux en surface qui réduit la superficie cultivable et rend difficile la mécanisation de l'agriculture au Centre et à l'Ouest de cette région ;
- le relief accidenté, avec des pentes généralement supérieures à 80 p.c., présente d'importants risques d'érosion ;
- l'existence de bas-fonds étroits ;
- des systèmes de culture extensifs, inadaptés au relief accidenté conduisent à la dénudation des sols de flancs des montagnes ;
- l'utilisation de matériel végétal et animal non sélectionné contribue à la faible productivité de l'agriculture dans la région ;
- la démographie galopante, l'intensité des défrichements et le raccourcissement de la durée des jachères ont pour conséquence la baisse de la fertilité des sols ;
- l'absence d'intégration du système agro-pastoral soit l'association agriculture et élevage (CNRA, 2017 ; Mameri, 2019).

1.2. Site de San-Pedro (Ex HEVEGO, actuel SCASO)

1.2.1. Présentation administrative et situation géographique

La Société Hévéicole du Gô (HEVEGO) est située au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire à 50 km de San Pedro et 90 Km de Soubré précisément à Gnity-Ecole sur l'axe Soubré/San-Pedro. Elle est dans la Sous-préfecture de Gabiadji et dans la région de San-Pedro (Figure 17). HEVEGO a été créée en 1986 par le décret n°86/87 du 30 Janvier 1986. Au départ, société d'économie mixte de type particulier, elle est devenue depuis le 7 Avril 1999 une société anonyme à participation financière publique selon les dispositions de la loi n° 97-520 du 4 Septembre 1997. HEVEGO est devenue SCASO, la Société Civile et Agricole du Sud-Ouest, en 2009.

1.2.2. Milieu naturel

1.2.2.1. Climat

Le climat de San-Pedro est de type tropical humide. La pluviométrie est de type bimodal (Figure 18). La température moyenne est de 26.0 °C. La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée est de 1530 mm de pluie. Elle est répartie sur une moyenne de 111 jours dans l'année et est caractérisée par un régime de quatre (4) saisons dont une grande saison des pluies d'avril à la mi-juillet, une petite saison sèche de la mi-juillet à Septembre caractérisée toutefois par de faibles précipitations isolées ne dépassant pas 70 mm par mois, une petite saison des pluies de Septembre à Novembre et une grande saison sèche de Décembre à Mars avec toutefois quelques précipitations isolées (Kouassi, 2010 ; DGATDR, 2015 ; ANADER 2017).

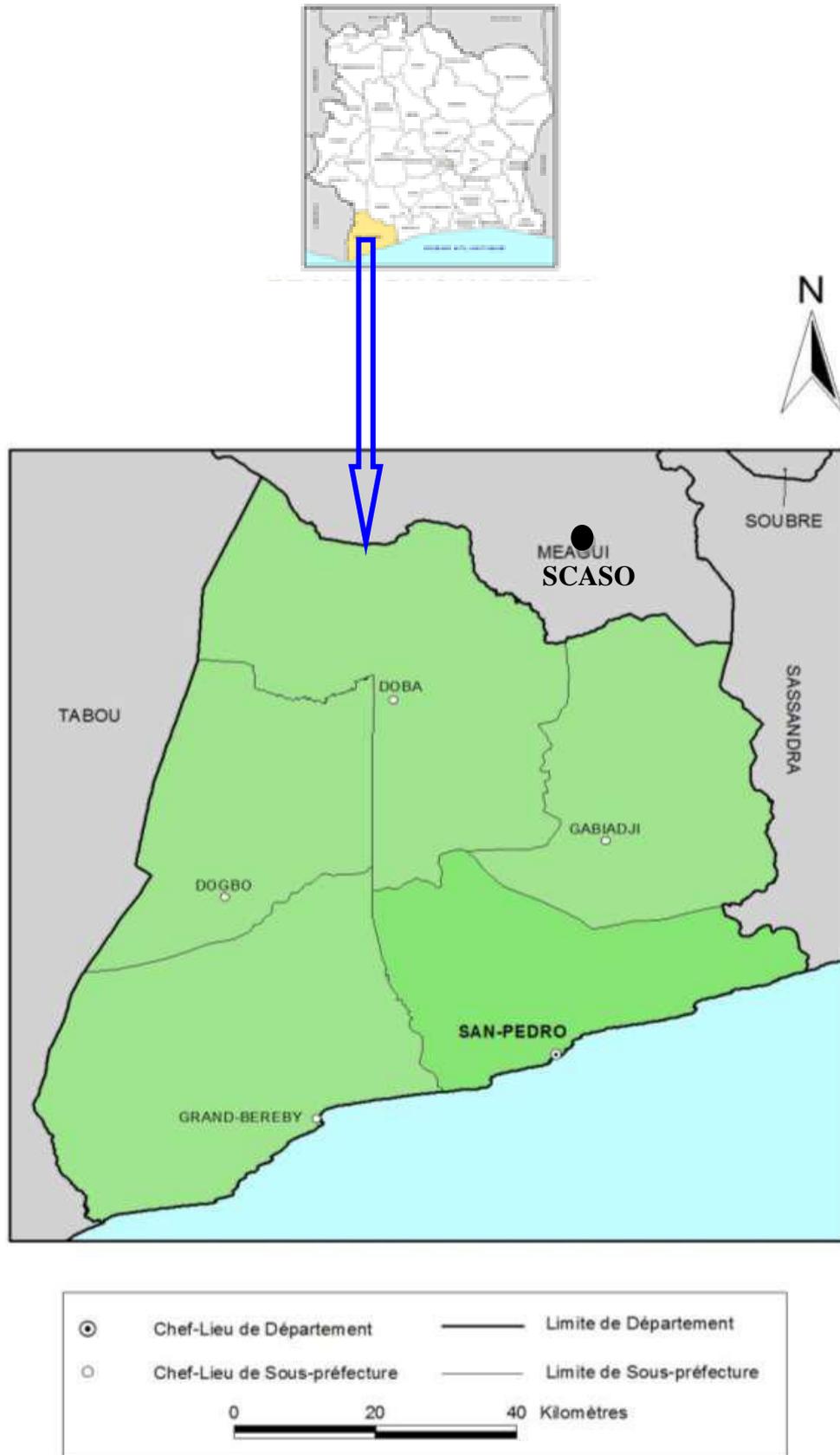


Figure 17 : région de San Pedro

Source : RGPH (2014b)

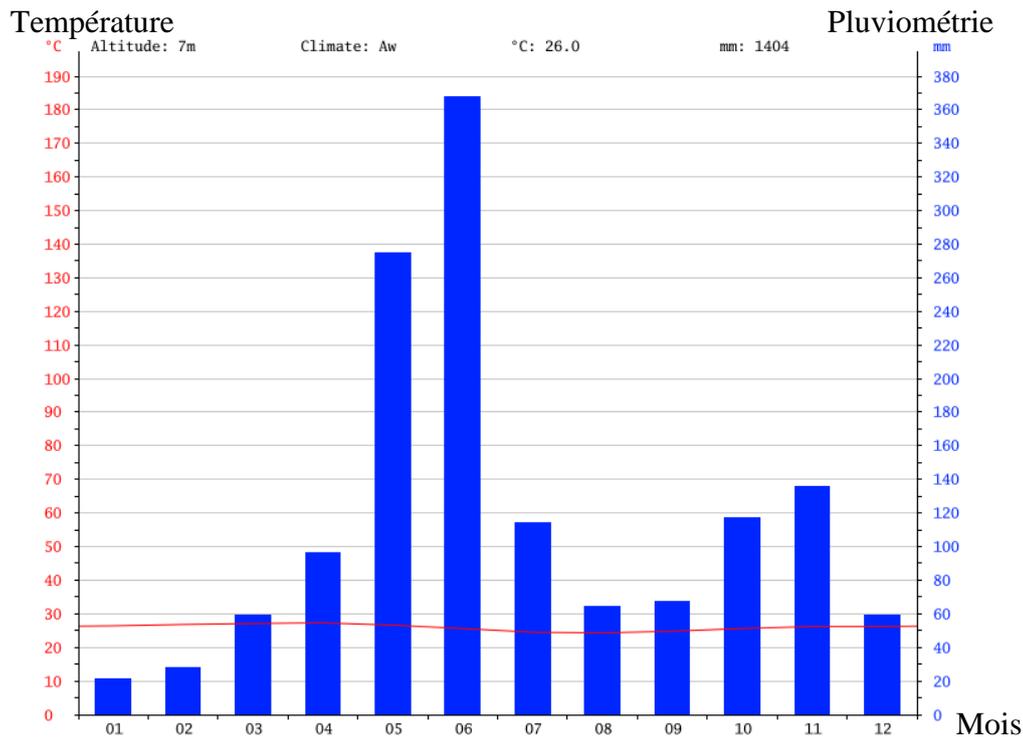


Figure 18 : courbe ombrothermique de la région de San-Pedro

Source : [Climate-Data.org](https://climate-data.org) > Afrique > Côte d'Ivoire > Bas-Sassandra > San-Pédro

1.2.2.2. Végétation

La région de San-Pedro était couverte d'une forêt dense. Ce qui lui a valu l'appellation de "Désert Vert". Aujourd'hui cette forêt luxuriante surexploitée et touchée par les feux anthropiques, a cédé le pas aux plantations de café, cacao et aux plantations agro-industrielles d'hévéa et de palmier (Kouassi, 2010 ; DGATDR, 2015). Cette reconversion de la forêt a des conséquences sur la performance économique de l'agriculture locale. Certaines essences forestières telles que l'Iroko (*Chlorophora excelsa*) et l'Acajou (*Kaya ivorensis*) qui composaient cette végétation jadis sont devenues de plus en plus rares à cause de leur exploitation abusive par les agriculteurs et les exploitants forestiers (DGATDR, 2015 ; ANADER 2017).

1.2.2.3. Relief

Le département de San-Pedro présente un relief accidenté fait d'une succession de bas-fonds, de plaines et de collines de faible altitude, avec les sommets des monts sacrés de Dogbo (500 m) et de Gliké (1 000 m) et la colline de Nianké sur laquelle est installée la station de la RTI de San-Pédro (Kouassi, 2010 ; DGATDR, 2015).

1.2.2.4. Hydrographie

Le réseau hydrographique est constitué de trois principaux cours d'eau, à savoir :

- le fleuve Sassandra, qui reçoit en rive gauche les eaux du Davo juste avant son embouchure dans l'Océan Atlantique au niveau de la ville de Sassandra, a pour principaux affluents la Lobo, le N'Zo, la Dodo et le Gôh ;
- la rivière San-Pedro avec un bassin versant de 3 310 km², prend sa source aux abords du parc national de Taï et s'écoule dans la forêt classée des Rapides Grah en direction du Sud-Ouest et ;
- le fleuve Cavally à la frontière libérienne et long de plus de 600 km, couvre un bassin versant de 15 000 km²

Ce réseau hydrographique alimente de nombreux bas-fonds, bénéfiques à la riziculture (DGATDR, 2015 ; ANADER 2017).

1.2.2.5. Sols

Dans leur ensemble, les sols de la région se sont développés sur des roches mères magmatiques. Ce sont des sols ferrallitiques fortement desaturés en bases parce que soumis à un lessivage important à cause de la forte pluviométrie. Les sols de ce département peuvent être divisés en trois (3) catégories:

- les sols ferrallitiques des collines et plateaux pauvres en matières organiques ;
- les sols hydromorphes des bas-fonds riches en colluvions ;
- les sols alluviaux des plaines de la rivière San-Pedro et ses annexes, argileux et riches en alluvions et servant à la culture de riz et au maraîchage.

Les sols de San Pedro sont profonds, perméables et bien drainés. Ces caractéristiques sont très propices à la culture de nombreuses spéculations, dont les cultures industrielles, notamment le cacao, le café, l'hévéa et le palmier à huile, et les cultures vivrières (DGATDR, 2015 ; ANADER 2017).

1.2.3. Population et activités agricoles

1.2.3.1. Population

Selon le recensement général de la population et de l'habitat 2014 (RGPH, 2014b), le département de San Pedro compte 336 883 hommes et 294 273 femmes pour un

total de 631 156 habitants et un taux de masculinité qui s'élève à 114,5 p.c. Les populations autochtones sont minoritaires dans leurs villages. Dans la zone du Bas-Sassandra, comprenant San Pedro, Soubré et Sassandra, l'on dénombre officiellement 42,8 p.c. de populations étrangères. Les populations autochtones de San Pedro sont principalement composées de trois groupes ethniques : Bakwé, Kroumen et winnin. Les autochtones sont constitués des Kroumen, les plus nombreux, suivent les Bakwé et Winnins. Les allochtones sont composés de Baoulés, Koulango, Malinkés, Senoufos. Les allogènes sont constitués des Burkinabés les plus nombreux, suivent les Libériens, Maliens, Libanais etc. (DGATDR, 2015 ; RGPH 2014b ; ANADER 2017). La population agricole de San Pedro compte 62 856 ménages dont 11 207 urbains et 51 649 ruraux (Anonyme, 2017).

1.2.3.2. Activités agricoles

Les activités agricoles sont dominées par le binôme café-cacao. L'hévéa et le palmier à huile sont aussi cultivés principalement par les sociétés agro industrielles. Les cultures vivrières sont dominées par le riz, la banane plantain, le manioc, le maïs et les maraichers. Malheureusement, les superficies de ces cultures tendent à diminuer chaque année au profit de l'hévéa. Les élevages sont constitués principalement de fermes de porcs, volailles modernes, les bovins et quelques élevages ovins (DGATDR, 2015 ; ANADER 2017).

2. Matériel

Le matériel utilisé pour la réalisation de l'étude est constitué du matériel d'enquête, du matériel végétal et du matériel technique servant à la mise en place de l'essai.

2.1. Matériel d'enquête

Des enquêtes ont été menées dans l'Ouest semi montagneux de la Côte d'Ivoire afin de faire la lumière sur la place de l'hévéaculture dans le système de production de la zone. Il faut noter que, le caféier est la principale culture de rente à l'Ouest de notre pays. Afin de mener à bien l'enquête, le matériel utilisé se compose de:

- formulaire d'enquête semi-ouvert élaboré pour servir de guide dans le cadre des échanges avec les hévéaculteurs et à la collecte des informations sur le terrain. Le contenu du formulaire (annexe 1) porte sur l'identification de l'exploitant (origine, genre, âge, activités, ressources foncières et humaines), et les relations qui existent entre l'hévéa et les autres cultures (Substitution, association ...)

- appareil photographique pour les prises de vue.

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de plants greffés en sac du clone GT 1 (Gondang Tapen 1) de *Hevea brasiliensis* (Figure 19) et d'un mélange de clones de *Coffea canephora* (107, 461, 126, 182, 181, 477) de Côte d'Ivoire. Les plants d'hévéa ont été livrés par la pépinière de HEVEGO et les plants de café, par la station de recherche de Divo. *Pueraria phaseoloïdes* a été utilisé comme plante de couverture.



Figure 19 : plant greffé en sac de *Hevea brasiliensis*

2.3. Matériel technique

Le matériel technique a été composé des éléments suivants :

- outils (machettes, ciseau, limes, lame en V etc.), pour la préparation du terrain ;
- pelles et pioches, utilisées pour la réalisation de profils culturaux ;
- mètre-ruban pour les mesures de circonférence des hévéas (Figure 20);
- équipements de saignée (Figure 21);
- peson pour peser le caoutchouc et les cerises de café (Figure 22).

3. Méthodes

Cette étude qui traite des systèmes de culture à base d'hévéa a été réalisée à partir d'une part des données d'enquêtes sur le terrain et d'autre part des données provenant d'un essai expérimental d'association hévéa-caféier. Les enquêtes ont eu lieu dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire car c'est une zone d'expansion de l'hévéa. Elles ont permis d'identifier les hévéaculteurs et les systèmes de production impliquant l'hévéa. Les enquêtes se sont déroulées en quatre phases, à savoir, une enquête préliminaire, un échantillonnage, l'enquête proprement dite et le dépouillement de données. L'essai expérimental au champ avait été mis en place dans la zone de San-Pedro. Les données collectées sur cet essai ont permis d'évaluer les performances agronomiques de l'association hévéa-caféier afin de déterminer la rentabilité économique des différentes associations.

3.1. Place de l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest de la Côte d'Ivoire

Des enquêtes ont été menées dans le but de montrer l'impact et la place de l'hévéaculture dans la dynamique du système de production de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire. Cette région est une nouvelle zone hévéicole.

3.1.1. Enquête préliminaire

Cette phase a été consacrée à des entretiens réalisés avec les responsables de structures agricoles et experts de la filière hévéa de la région de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Ces entretiens ont permis de constituer une base de données comportant le nombre de planteurs d'hévéa, la superficie et les années de création des différentes parcelles ou plantations d'hévéa dans le département de Man.

3.1.2. Echantillonnage

La méthode non probabiliste qui est un choix raisonné d'unités dans un groupe a été utilisé pour l'échantillonnage (Jayaraman, 1999). Elle a consisté à faire un tirage aléatoire au sein des hévéaculteurs de chaque secteur de la SAPH qui compose la zone d'enquête. Cette méthode a permis d'avoir un échantillon représentatif. Cependant, il a été important de déterminer la taille de l'échantillon avec un taux de confiance et une marge d'erreurs suffisantes. La formule ci-dessous est celle recommandée pour le calcul de la taille d'un échantillon à population finie.

$$n = \frac{t^2 N}{t^2 + (2e)^2 (N - 1)} \quad (1)$$

- N : Taille de la population-mère,
- n : Taille de l'échantillon pour une population mère,
- t : Coefficient de marge déduit du Taux de confiance « s »,
- e : Marge d'erreur que l'on se donne pour la grandeur que l'on veut estimer (par exemple on veut connaître la proportion réelle à 5 p.c. près).

Pour un niveau de confiance $s = 95$ p.c. (niveau très souvent utilisé en agronomie), $t = 1.96$ et la proportion « p » à estimer est près de 50 p.c., la formule de la taille de l'échantillon devient :

$$n = \frac{1.96^2 N}{1.96^2 + (2e)^2 (N - 1)} \quad (2)$$

Pour une population de 4391 hévéaculteurs dans l'Ouest semi-montagneux, le calcul de l'échantillon nous a donné 354 hévéaculteurs à enquêter. La distribution de l'échantillonnage a été faite selon les axes en partant de Man afin de mieux couvrir la zone d'étude. Un tirage aléatoire a permis de constituer l'échantillon. Sur le terrain, en plus des 354 hévéaculteurs sollicités pour les enquêtes, presque une cinquantaine d'hévéaculteurs se sont rendus disponibles pour le travail. Ainsi, 402 exploitants sur un total de 4391 hévéaculteurs dans la zone d'étude, ont fait l'objet de l'enquête. Les exploitants enquêtés et leurs parcelles sont rattachés à 51 villages, dans un rayon de 50 km autour de la ville de Man. Ces villages sont situés sur les 4 principaux axes routiers reliant la ville et orientés sensiblement dans les directions Nord-Sud et Est-Ouest.

3.1.3. Enquête de terrain

L'enquête proprement dite a consisté en des entretiens individuels au village avec les hévéaculteurs, ayant un champ choisi pour l'étude, et également des observations dans leur

champ. Les paramètres évalués lors de ces enquêtes (entretiens et visites au champ) concernent :

- les caractéristiques sociodémographiques des producteurs (âge, origine, ethnie et niveau d'étude etc.)
- les caractéristiques agronomiques des vergers hévéicoles (précédents culturaux, matériel végétal, superficie, âge des vergers, niveau de production, densité, dispositif de plantation) ;
- les caractéristiques des cultures associées à l'hévéa (période d'introduction dans les plantations, durée de l'association...)

3.2. Description du dispositif expérimental

Le dispositif utilisé pour la mise en place de l'essai est un bloc de Fisher complètement randomisé, avec un facteur (densité de plantation de l'hévéa) incluant cinq (5) traitements répétés trois (3) fois (Figure 23). La superficie totale de l'essai s'étend sur 6,25 hectares répartie entre 15 unités parcellaires de 0,415 hectare chacune, soit 1,25 hectare par traitement. Les cinq (5) traitements (Figure 24) sont définis comme suit :

- T1 : Traitement double ligne d'hévéas espacée de 33 m. Dans ces espacements, sont disposées des lignes simples de caféiers à une densité standard de 3 m x 2,5 m. Les cultures de caféier sont mises en place à 3 m de la ligne d'hévéa. La densité de plantation des hévéas de la double-ligne est de 3 m x 2,8 m. Le traitement comporte 198 plants hévéas et 830 plants caféiers à l'hectare.
- T2, Traitement double ligne d'hévéas espacée de 16 m. Dans ces espacements, sont disposées des lignes simples de caféiers à une densité standard de 3 m x 2,5 m. Les cultures de caféier sont mises en place à 3 m de la ligne d'hévéa. La densité de plantation des hévéas de la double-ligne est de 3 m x 2,8 m. Le traitement comporte 376 plants hévéas et 600 plants caféiers à l'hectare.
- T3, traitement double ligne d'hévéas espacée de 11 m. Dans ces espacements, sont disposées des lignes simples de caféiers à une densité standard de 3 m x 2,5 m. Les cultures de caféier sont mises en place à 3 m de la ligne d'hévéa. La densité de plantation des hévéas de la double-ligne est de 3 m x 2,8 m. Le traitement comporte 510 plants hévéas et 760 plants caféiers à l'hectare.

- T4 Traitement témoin simple ligne d'hévéas espacées de 7 m × 2,8 m soit 510 hévéas à l'hectare;
- T5 Traitement témoin caféier, simple ligne de caféiers espacée de 3 m × 2,5 m soit 1333 caféiers à l'hectare.

Les densités des cultures par traitement et leur équivalent en culture pure (EPC) sont indiquées dans le tableau 1 par hectare de système. *Pueraria phaseoloïdes* occupe interlignes des cultures pures de caféiers et d'hévéa (traitements témoins). Le schéma du dispositif expérimental est indiqué en annexe (il est préférable d'y placer le schéma pour une meilleure compréhension).

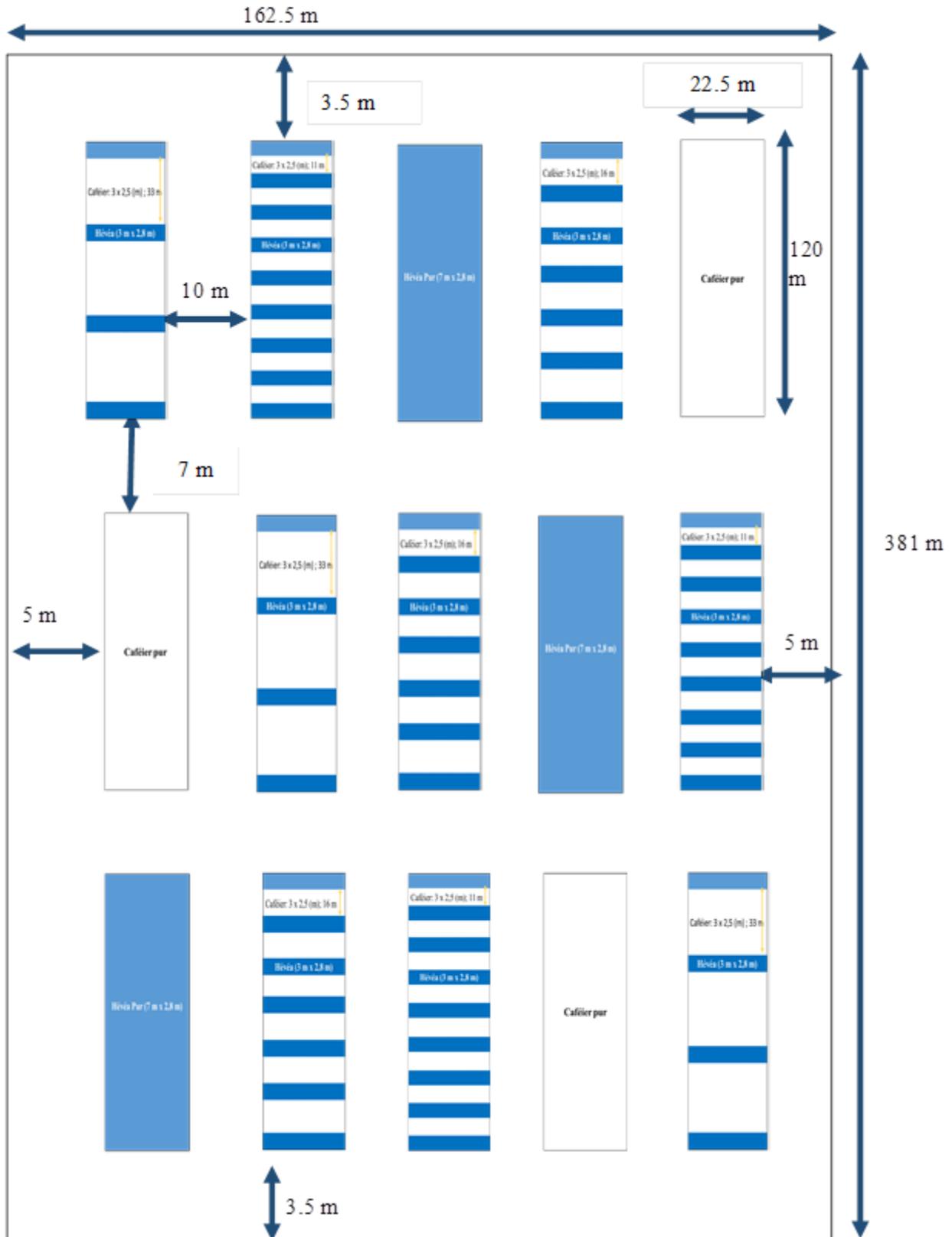


Figure 23 : schéma des différents traitements du dispositif expérimental

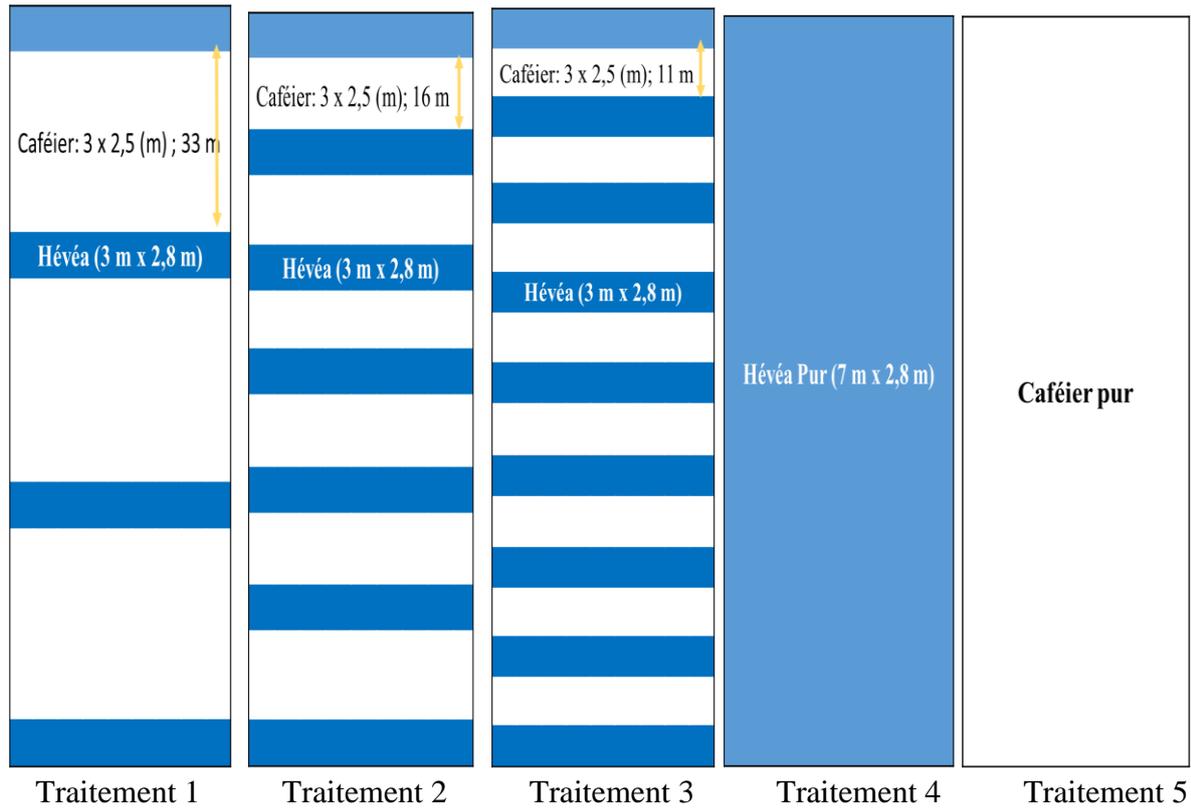


Figure 24 : schéma du dispositif expérimental

Tableau I : nombre de plants d'hévéa et de caféier sur un hectare (ha) en fonction des traitements

Traitements	Ecartement entre les plants en m			Nombre de double-lignes ou lignes		Nombre de plants par ligne		Nombre de plants par traitement d'un ha		Equivalent en culture pure (%)	
	Lignes ou double-lignes d'hévéa	hévéa-caféier	Lignes de caféier	Hévéa	Café	Hévéa	Caféier	Hévéa	Caféiers	hévéa	caféier
1	33	3	3	4	10	9	10	198	830	38,82	62,27
2	16	3	3	7	4	9	10	376	600	73,73	45,01
3	11	3	3	9	3	9	10	510	760	100,00	57,01
4	7	-	-	18	-	9	-	510	-	100,00	-
5	-	-	3	-	41	-	10	-	1333	-	100,00

3.3. Conduite de l'essai

3.3.1. Préparation du terrain

La mise en place de l'essai a débuté avec l'abattage et le défrichage du précédent cultural caféier. Les débris et souches regroupés et brûlés ont été débarrassés de la surface à planter. Afin de dégager l'emplacement des lignes de plantation d'hévéa, un andainage et un sous-solage ont été faits à l'aide d'une lame en V. A la suite de ces travaux préliminaires, le dispositif expérimental a été mis en place.

3.3.2. Mise en place du dispositif expérimental

Le planting des hévéas s'est fait avec des plants en sac greffés issus de la pépinière de HEVEGO. Le clone utilisé est le GT1. Ces plants ont été disposés en lignes jumelées dans les unités parcellaires des associations et en ligne simple dans les unités parcellaires des témoins. Cette disposition de plants a été faite selon les densités des traitements qui ont été présentées en 3.2 (Description du dispositif expérimental).

Quant aux caféiers, ils ont été plantés suivant le dispositif standard de 3 m entre les lignes et 2,5 m entre les plants de caféiers sur la ligne. La trouaison est faite manuellement (40 cm x 40 cm). La taille de formation est de 3 à 4 tiges par emplacement conduite en croissance libre. Par ailleurs, les semences de *Pueraria phaseoloides* ont été semées à la volée comme légumineuse de couverture seulement sur la parcelle témoin hévéa en raison de 10 kg à l'hectare.

3.3.3. Suivi de l'essai

Après le planting, l'ensemble de la parcelle a bénéficié des travaux d'entretien (désherbage, rabattage, ébourgeonnage, etc) recommandés pour les deux cultures. Tous les plants (caféiers et hévéas) ont reçu la fumure conventionnelle au jeune âge. Il s'agit de la fumure NPKMg pour le café dans les proportions 12-0-20-4 (tableau II). En année 0, 220 g/pied de NPKMg + 20 g de PCa^3 ($Ca_3(PO_4)_2$) ont été apportés aux caféiers. En première année, 450 g de NPKMg ont été administrés à chaque pied de caféier. De la deuxième jusqu'à la huitième année, la dose apportée a été de 750 g/pied de NPKMg. La dose de 375 g de NPKMg a été reçue par pied de caféier la neuvième année (année de recépage). Les doses de fumure appliquées à l'hévéa sont présentées dans le tableau III. Le protocole est en annexe 2.

Tableau II : fumure appliquée aux caféiers

Année	Traitements	densité (arbres/ha)	NPKMg		PCa ³	
			kg/ha	g/arbre	kg/ha	g/arbre
AN0	T1 (33m)	830	182,6		16,6	
	T2 (16m)	600	132	220	12	20
	T3 (11m)	760	167,2		15,2	
	T5 (Café pur)	1333	293,26		26,66	
AN1	T1 (33m)	830	373,5		-	
	T2 (16m)	600	270	450	-	-
	T3 (11m)	760	342		-	
	T5 (Café pur)	1333	599,85		-	
AN2 et AN8	T1 (33m)	830	622,5		-	
	T2 (16m)	600	450	750	-	-
	T3 (11m)	760	570		-	
	T5 (Café pur)	1333	999,75		-	
AN9	T1 (33m)	830	311,25		-	
	T2 (16m)	600	225	375	-	-
	T3 (11m)	760	285		-	
	T5 (Café pur)	1333	499,875		-	

Tableau III : fumure appliquée à l'hévéa

Année	Traitements	densité (arbres/ha)	Urée		PCa ³		KCl	
			kg/ha	g/arbre	kg/ha	g/arbre	kg/ha	g/arbre
N0	T1 (33m)	198	12,87	65	60	303	16,4	83
	T2 (16m)	376	24,44	65	114	303	31,2	83
	T3 (11m)	510						
	T4 (Hévéa pur)	510	33,15	65	155	303	42,3	83
N1 et N2	T1 (33m)	198	12,87	65	30	151	-	-
	T2 (16m)	376	24,44	65	57	151	-	-
	T3 (11m)	510						
	T4 (Hévéa pur)	510	33,15	65	78	151	-	-
N2 et N3	T1 (33m)	198	Diagnostic foliaire					
	T2 (16m)	376						
	T3 (11m)	510						
	T4 (Hévéa pur)	510						
N5	T1 (33m)	198	-	-	-	-	16,4	83
	T2 (16m)	376	-	-	-	-	31,2	83
	T3 (11m)	510						
	T4 (Hévéa pur)	510	-	-	-	-	42,3	83

3.4. Collecte de données sur l'essai

Les données collectées portent essentiellement sur le relevé complet (nombre de plants vivants, cassés et morts), les mesures de circonférences des hévéas, les productions des cultures de café et d'hévéa (Poids secs en kg/ha, g/s) et le dosage des paramètres physiologiques du latex ou le Micro-Diagnostic Latex (Gohet, 1996).

Les données recueillies sont aussi bien de types qualitatifs (les techniques culturales sur l'essai) que quantitatifs (productions, temps de travaux, prix aux producteurs, quantité d'intrants...).

3.4.1. Données collectées sur l'hévéa

3.4.1.1. Relevé complet (RC)

Le relevé complet (RC) consiste à dénombrer les arbres vivants de chaque unité expérimentale. Effectué une fois par an, le RC permet de déterminer le nombre d'arbres vivants, cassés et mort dans la parcelle. Le RC permet également de procéder à des éventuels remplacements, dans le temps, des plants morts au cours des deux premières années de planting et aussi de faire l'état sanitaire des parcelles.

3.4.1.2. Croissance isodiamétrique du tronc

L'accroissement moyen annuel de la circonférence a été évalué à partir de mesures de circonférence réalisées à l'aide de ruban-mètre. Pendant la phase immature ou phase improductive (de 0 à 5 ans pour les clones à croissance rapide et de 0 à 6 voire 7 ans pour les clones à croissance lente), les mesures sont effectuées à 1 m au-dessus du sol. A la saignée des hévéas, les mesures de circonférence sont réalisées à 1,70 m au-dessus du sol. Ces mesures, réalisées une fois par an, pendant le dernier trimestre de la période d'activité métabolique normale des hévéas (octobre, novembre ou décembre), débutent à partir de la deuxième année après le planting des hévéas. En effet, cette période d'activité métabolique normale se situant juste avant le début de la défoliation naturelle (Janvier à Février), coïncide avec une très faible croissance des hévéas (Coulibaly *et al.*, 2011). A partir des mesures de circonférence, les accroissements moyens annuels sont calculés selon la formule suivante :

$$\text{Acc}_n = \text{Circ}_n - \text{Circ}_{n-1} \quad (3)$$

Acc_n : accroissement annuel de circonférence

Circ_n : Circonférence des arbres de la campagne en cours

Circ_{n-1} : Circonférence des arbres de la campagne précédente.

3.4.1.3. Relevé d'encoche sèche (RES)

Le relevé d'encoche sèche est réalisé en début, fin d'expérimentation et une fois par an au mois de Novembre. Selon Coulibaly *et al.* (2011 et 2018), le relevé est effectué par estimation visuelle de la longueur de l'encoche de saignée improductive et décompte des hévéas improductifs sous l'effet des traitements, afin de déterminer les pourcentages de longueur d'encoche malade (LTEM) et d'arbres totalement secs.

La méthode de relevé rapide par estimation visuelle permet de rendre compte de l'apparition et de l'état d'avancement de l'encoche sèche (Van De Sype, 1984). Pour chaque

arbre saigné, il a été attribué un chiffre compris entre 0 et 6 et dont la signification est la suivante :

- 0 : encoche de saignée saine,
- 1 : encoche sèche sur 1 à 20 % de sa longueur (10 % en moyenne),
- 2 : encoche sèche sur 21 à 40 % de sa longueur (30 % en moyenne),
- 3 : encoche sèche sur 41 à 60 % de sa longueur (50 % en moyenne),
- 4 : encoche sèche sur 61 à 80 % de sa longueur (70 % en moyenne),
- 5 : encoche sèche sur 81 à 99 % de sa longueur (90 % en moyenne),
- 6 : encoche de saignée totalement sèche.

Les arbres tombés, cassés ou atteints de maladies foliaires ne sont pas pris en compte. Pour chaque parcelle, le compte précis de l'état des arbres a été effectué et le pourcentage de longueur totale d'encoche malade (LEM %) pour chaque traitement a été calculé de la manière suivante :

$$\text{LTEM (p.c.)} = (0,1 n_1 + 0,3 n_2 + 0,5 n_3 + 0,7 n_4 + 0,9 n_5 + n_6 + \text{ES}) \times N^{-1} \quad (4)$$

N : nombre total d'hévéas expérimentés ;

n_i : nombre d'arbres par classe d'encoche sèche ;

ES : nombre d'arbres dont la saignée a été arrêtée pour encoche sèche totale.

Pour chaque traitement, le pourcentage d'arbres totalement secs a été déterminé par la relation ci-après :

$$\text{Arbres secs (p.c.)} = (n_6 + \text{ES}) \times N - 1. \quad (5)$$

3.4.1.4. Production de caoutchouc

La production de caoutchouc a été enregistrée arbre par arbre, à raison d'un contrôle toutes les 4 semaines (après 6 saignées). Elle a été collectée au champ à l'état coagulé. Cette coagulation se fait naturellement en sac de polyéthylène ou «polybag». La production cumulée de 6 saignées est ainsi enregistrée. Le coefficient de transformation (C.T), qui est le pourcentage de matière sèche d'un échantillon donné de caoutchouc frais, a permis de calculer la production de caoutchouc pour chaque traitement. Il a été calculé à partir d'un échantillon de coagulum par traitement. Chaque échantillon a été pesé (masse de matière fraîche notée MF), séché à 80° C à l'étuve pendant 24 h et repesé (masse de matière sèche crêpée notée MS). Le CT est défini par la formule ci-dessous :

$$\text{CT} = \text{MS} \times \text{MF}^{-1} \quad (6)$$

La conversion de masse fraîche (MF) en masse sèche (MS) de caoutchouc s'est effectuée pour chaque traitement à partir de la relation suivante :

$$\text{MS de caoutchouc} = \text{MF} \times \text{C.T} \quad (7)$$

La production de caoutchouc sec a été exprimée en kilogramme par hectare par an (kg/ha/an), en gramme par arbre par an (g/a/an) et en gramme par arbre par saigné (g/a/s).

Un même système de saignée a été appliqué à tous les arbres de tous les traitements, à savoir : la saignée en demi-spirale descendante en d4 (4j, 5j, 5j ou 5j,4j,5j ou 5j,5j,4j), pendant les 10 mois, soit 78 saignées par an. Pendant 8 ans, la technique de saignée a suivi le schéma classique de conduite des panneaux de saignée en vigueur en Côte d'Ivoire (Gohet *et al.*, 1996). La récolte de la production de caoutchouc a été réalisée dans des récipients en plastique appelé « tasse ». Le caoutchouc frais coagulé dans les conditions naturelles et appelé coagulum ou matière fraîche, a été ramassé et pesé à l'aide d'un peson.

3.4.1.5. Dosage des paramètres physiologiques du latex ou micro diagnostic latex (MDL)

Les paramètres physiologiques les plus importants du latex, notamment ceux du Micro Diagnostic Latex (MDL), du fait de leur implication dans les mécanismes liés à la production de caoutchouc, ont été analysés une fois par an pendant deux années consécutives. Il s'agit du taux d'extrait sec (ExS) et des teneurs en saccharose (Sac), en phosphore inorganique (Pi) et en groupements thiols (R-SH) du latex (Coulibaly *et al.* 2011 ; 2018). Le tableau III présente les valeurs référentielles de ces paramètres physiologiques.

Mesure de l'extrait sec

La teneur en matière sèche du latex a été déterminée par pesée de 1 ml de latex dans un pilulier de 10 ml, avant et après étuvage à 80° C pendant 24 h. Mais, bien avant, le poids vide du pilulier (PV) est déterminé. La teneur en matière sèche (Ex.S) s'exprime alors par la relation suivante :

$$\text{Ex.S (\%)} = [(\text{PS} - \text{PV}) / (\text{PF} - \text{PV})] \times 100 \quad (8)$$

Ex.S (%) : pourcentage d'extrait sec PS : Poids du pilulier contenant la matière sèche après étuvage

PV : Poids à vide du pilulier PF : Poids du pilulier contenant la matière fraîche avant étuvage

Dosage à partir du sérum

Sucres, phosphore inorganique et composés thiols réduits ont été dosés à partir du sérum obtenu après coagulation du latex dans l'acide trichloroacétique (TCA). Les résultats ont été exprimés en millimoles par litre de latex (mmol.l^{-1}).

Dosage du saccharose

Le saccharose (Sac) a été dosé par la méthode à l'Anthrone de Ashwell (1957). En présence d'acide concentré (TCA à 2,5%), les hexoses se déshydratent pour donner un furfural qui réagit avec l'Anthrone (réactif) en donnant une coloration bleu-verte dont la densité optique (D.O) est lue à la longueur d'onde de 627 nm.

Dosage du phosphore inorganique

Le Phosphore inorganique (Pi) a été dosé par la méthode de Taussky & Shorr (1953), méthode utilisant le molybdate d'ammonium. Le phosphore est complexé par un excès de molybdate d'ammonium. Le complexe formé est ensuite réduit par le sulfate ferreux, donnant une coloration bleue dont la densité optique (D.O) est lue à la longueur d'onde de 680 nm.

Dosage des composés thiols

Le dosage des composés thiols (R-SH) a été effectué par la méthode de Boyne & Ellman (1972) utilisant l'acide dinitro - 2,2' - dithio - 5 - 5'- dibenzoïque (DTNB). Les composés R-SH réagissent avec cet acide pour donner l'acide thio - nitro - benzoïque (TNB). Le TNB est révélé par le tampon Tris en donnant une coloration jaune dont la densité optique (D.O) est lue à la longueur d'onde de 412 nm.

Tableau IV : valeurs de références des quatre paramètres physiologiques du MDL (Jacob *et al.*, 1987)

	ExS (p.c.)	Sac (mmol.l^{-1})	Pi (mmol.l^{-1})	R-SH (mmol.l^{-1})
Très élevé	> 43	> 12	> 25	> 0,90
Elevé	38 à 43	9 à 12	20 à 25	0,80 à 0,90
Moyen	33 à 38	6 à 9	15 à 20	0,60 à 0,80
Faible	29 à 33	4 à 6	10 à 15	0,50 à 0,60
Très faible	\leq 29	\leq 4	\leq 10	\leq 0,50

ExS : Extrait Sec ; p.c. : pourcent ; Sac : Saccharose ; Pi : Phosphate inorganique ; R-SH : groupement thiol ; mmol.l^{-1} : millimole par litre de latex

3.4.2. Données collectées sur le caféier

3.4.2.1. Relevé complet

Le relevé d'existence consiste à dénombrer les arbres vivants, cassés ou morts de chaque unité expérimentale. Il est effectué pour déterminer le taux de mortalité dans le but de procéder aux éventuels remplacements, dans le temps, des plants morts. Les remplacements ont lieu les deux premières années. Le relevé complet permet aussi de faire le point de l'état sanitaire des parcelles.

3.4.5.2. Production de cerises de café

Les cerises fraîches de café produites par chaque arbre ont été récoltées chaque année et pesées au champ à l'aide d'un peson. Les données collectées ont été exprimées en kg/ha.

3.4.3. Données économiques collectées

La méthode de budget partiel et le gain additionnel sont les méthodes d'analyse utilisées pour évaluer la rentabilité économique des traitements. La méthode de budget partiel consiste à faire ressortir les recettes obtenues des différents traitements de notre étude d'une part, et d'autre part de définir clairement les coûts de production de chacun de ces traitements et enfin dégager leurs marges brutes. Le gain additionnel est dégagé par le biais du calcul de pourcentage de variation par rapport au témoin hévéa. L'expérimentation a été faite sur une période de 14 années (N0 à N13). Nous avons récupéré les données de ces 14 années et avons utilisé les prix moyens du café et de l'hévéa de ces cinq dernières années pour l'évaluation économique des traitements.

3.4.3.1. Coût de production

Le coût de production se rapportant à la main d'œuvre et aux consommations intermédiaires utilisées chaque année ne prend en compte que les charges variables. Les prix utilisés dans le calcul du coût de production sont les prix actuels sur le marché.

La main d'œuvre étant occasionnelle, son apport est rémunéré en terme journée de travail en raison de 2000 FCFA par jour. Les consommations intermédiaires représentent l'ensemble de biens et services qui sont intégralement consommés pour assurer un cycle de production, en l'occurrence l'année. Ce sont donc des biens fongibles. Dans notre étude, la consommation intermédiaire concerne les plants de café et d'hévéa, les engrais (NPK, Urée, PCa^3 , KCl), le produit stimulant pour la production et les équipements de saignée et de récolte du caoutchouc de l'hévéa.

Le coût des engrais simples tels que KCl, PCa³ et Urée est de 300 F CFA/kilogramme (kg) et celui des engrais composés (NPK) est 500 F CFA/kg. Le plant en sac d'hévéa coûte 350 F CFA/unité et celui du café est de 200 F CFA. Les équipements de saignée de l'hévéa coûtent 200 FCFA/arbre. Le gramme du produit stimulant est de 5 F CFA à raison de 2 500 F CFA la bouteille de 500 g. Le coût de la stimulation (S) des hévéas est donné par la formule suivante :

$$S = \text{Nombre d'arbre saigné} \times 5 \times \text{Nombre de stimulation par an} \quad (9)$$

3.4.3.2. Rendement

Le rendement des parcelles d'hévéa et du café sont évalués par rapport à une unité de surface qui est l'hectare. Les rendements des caféiers aussi bien que ceux des hévéas diffèrent d'un système à un autre suivant les années.

3.4.3.3. Prix

Le prix d'achat aux producteurs du kilogramme de caoutchouc frais et du kilogramme de café cerises sèches connaissent des variations significatives. Le tableau IV en montre l'évolution des cinq (5) dernières années. Pour évaluer les rendements de ces deux spéculations, la moyenne arithmétique des prix de ces cinq (05) dernières années a été utilisée.

Tableau V : prix d'achat de la production des cultures d'essai (APROMAC, 2020)

Année	Hévéa (FCFA/Kg)	Café (FCFA/Kg)
AN – 5	300	550
AN – 4	275	650
AN – 3	250	650
AN – 2	350	750
AN – 1	250	650
Moyenne	285	650

3.4.3.4. Rentabilité économique

Les paramètres retenus pour l'évaluation de la rentabilité économique sont la marge brute ou le profit qui est la différence entre les recettes et les coûts de production (en F CFA/ha) et le gain additionnel qui est le pourcentage de variation par rapport au témoin hévéa. Les profits et les gains additionnels pour chaque traitement à l'hectare sont calculés, en utilisant la production et les charges pendant la durée de l'essai (JAN.op.cit).

3.5. Traitement des données collectées

3.5.1. Analyses statistiques

Les données relatives à l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest de la Côte d'Ivoire (l'identification de l'hévéaculteur, les relations entre l'hévéa et le café et la motivation du planteur à l'égard de l'hévéaculture) et à l'essai d'association hévéa-caféier (le relevé complet des plants d'hévéa et de café, croissance isodiamétrique de l'hévéa, production des hévéas et du café et le dosage des paramètres physiologiques du latex) ont été saisies et traitées à l'aide du tableur Excel 2010. Les diagrammes et les courbes ont été réalisés grâce à ce tableur.

Les analyses statistiques élémentaires (Calcul de moyennes, minimum, maximum, écart type ...) des données de l'enquête ont été effectuées avec le logiciel Stata SE 14.

La comparaison des moyennes des données collectées sur l'hévéa et le caféier a été faite par une analyse de la variance (ANOVA) au seuil de probabilité 5 p.c.. Lorsqu'une différence significative est avérée entre les traitements pour un caractère donné, le test de la plus petite différence significative (PPDS) de Fisher est réalisé au seuil de 5 p.c.. Toutes les analyses concernant l'essai d'association hévéa-caféier ont été effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1.

3.5.2. Cas particulier du Taux de Surface Equivalente (TSE) ou Land Equivalent Ratio (LER)

L'évaluation des associations en termes de rendement a été faite à l'aide du Taux de Surface Equivalente (TSE) ou « Land Equivalent Ratio » (LER). Il se définit comme la superficie de terrain en culture pure nécessaire pour produire les rendements atteints par un hectare de cultures associées. Le LER permet de comparer les rendements de chacune des espèces associées avec leur rendement en culture pure et additionner les différents rapports obtenus (Adeniyani *et al.*, 2007). Pour deux cultures A et B associées, le LER se calcule selon la formule de Mead & Willey (1979 et 1980).

$$\text{LER} = \frac{\text{Rendement A associée}}{\text{Rendement A pure}} + \frac{\text{Rendement B associée}}{\text{Rendement B pure}} \quad (10)$$

Ce LER mesure la productivité globale de l'association par rapport aux cultures pures, faisant éventuellement apparaître un « surrendement » du système associé sur le pur si LER est supérieur à 1 (Mazaheri *et al.*, 2006, Ndakidemi, 2006). Dans le cas où LER est inférieur à 1, l'association se montre moins productive que la culture pure de ses composantes. L'association est aussi avantageuse que la culture pure si la valeur du LER est égale à l'unité (Ghosh, 2004). Cette notion de LER peut être appliquée à différents organes des plantes ou bien à des exportations minérales d'associations culturales (Salez, 1988).

Il convient de signaler deux conditions nécessaires d'emploi du LER :

- les traitements de cultures pures et cultures associées doivent être conduits à un même niveau d'intensification (fertilisation par exemple) ;
- les témoins de cultures pures doivent avoir une densité de peuplement optimale.

Le LER est un indice d'efficacité biologique d'utilisation de la terre par les cultures associées, dont l'emploi est particulièrement indiqué en zone où la ressource « terre » est limitante.

L'association culturale présente généralement beaucoup d'avantages, mais elle entraîne également une compétition pour l'accession aux ressources (Muoneke *et al.*, 2007) qui peut être problématique si elle se fait au détriment des composantes les plus intéressantes pour le producteur. La raison principale de la pratique des associations culturales est sans doute la réduction des risques d'échec cultural (Agbaje *et al.*, 2002).

TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE I : PLACE DE L'HÉVÉA DANS LES SYSTÈMES DE PRODUCTION

Introduction partielle

L'évolution de l'hévéa dans l'Ouest de notre pays qui est une zone caféière déjà confrontée à une saturation foncière peut y bouleverser la dynamique des systèmes de production et conduire souvent à des phénomènes de substitution. Ce constat a engendré l'hypothèse suivante : l'hévéa pourrait s'être substitué au caféier dans la dynamique de diversification et de replantation. Ainsi, à travers une enquête couplée de visite de terrain, la place de l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest montagneux de la Côte d'Ivoire a été diagnostiquée. Les différentes investigations et analyses effectuées ont permis d'obtenir des résultats qui ont fait l'objet de discussion dans ce présent chapitre.

1.1. Résultats

1.1.1. Identification des hévéaculteurs enquêtés dans la région semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire

1.1.1.1. Origine

Les enquêtes ont porté sur 402 hévéaculteurs répartis dans 51 villages dont 13 dans le département de Biankouma, 11 dans le département de Danané, 2 à Kouibly et 25 dans le département de Man. Les villages visités sont regroupés dans 12 Sous-préfectures différentes. Les hévéaculteurs enquêtés sont en majorité les autochtones. Il s'agit de Yacouba à Man, Danané et Biankouma, de Toura et de Dan à Biankouma et de Wobé à Kouibly. La proportion des autochtones varie de 88,72 p.c. à 99,12 p.c. (Figure 25). De manière général, le taux d'autochtone s'élève à 97,26 p.c. (Figure 26). Les allogènes constitués de d'allochtones et de ressortissants étrangers présentent des proportions qui évoluent de 0,88 p.c. (Danané) à 10,98 p.c. (Man). Ces allogènes représentent, de manière générale, 2,74 p.c. de la population enquêtée donc 1,74 p.c. d'allochtones ivoiriens, originaires du Centre et du Nord du pays (Baoulé, Gouro, Odiénnéka et Mohouka), et 1 p.c. de ressortissants de la CEDEAO (Maliens et Burkinabés et Guinéens).

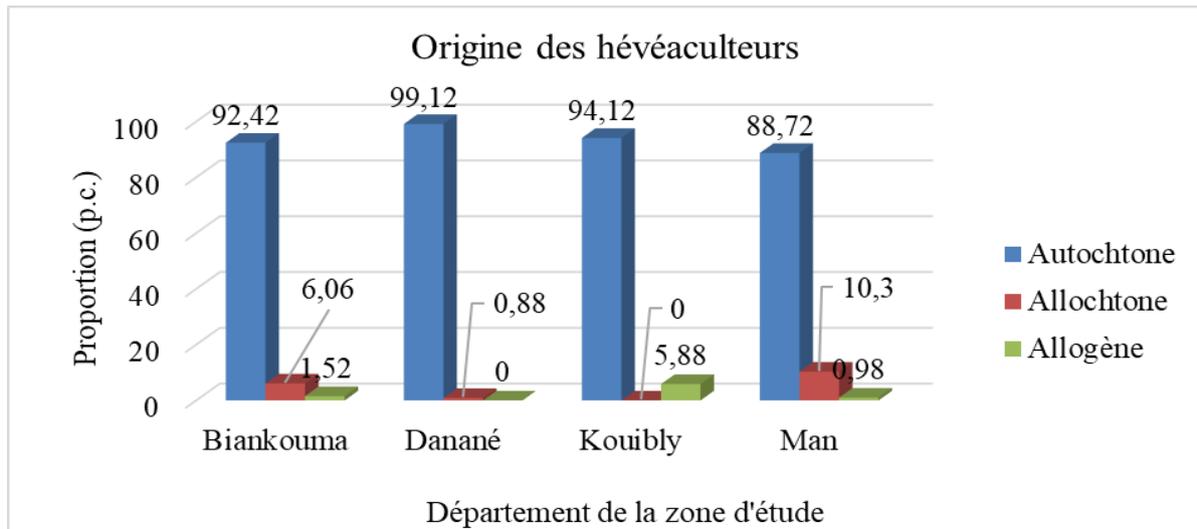


Figure 25 : proportion de l'origine des hévéaculteurs en fonction des départements de la zone d'étude

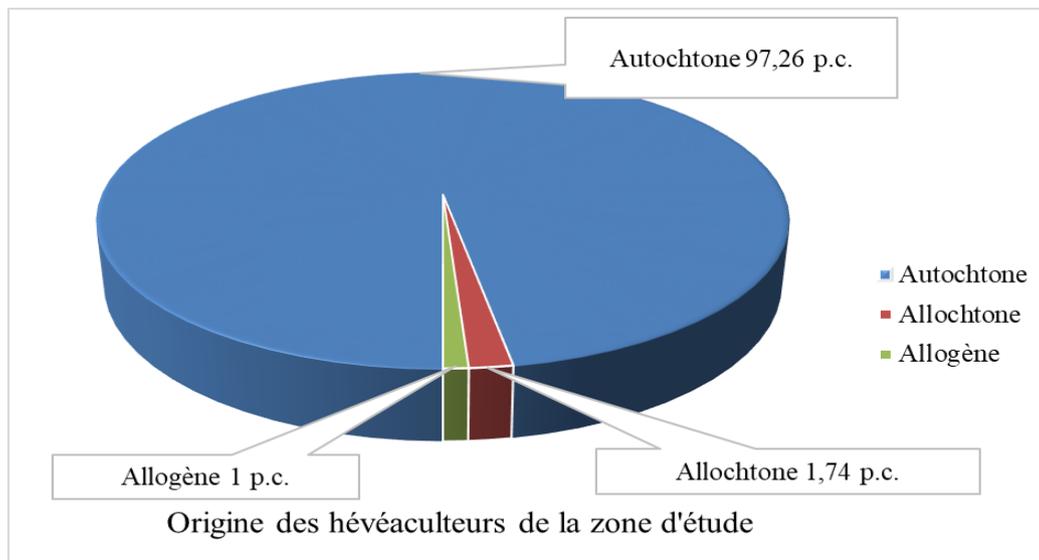


Figure 26 : répartition de l'origine des hévéaculteurs en fonction de la zone d'étude

1.1.1.2. Genre

Les enquêtes ont montré que les hévéaculteurs sont majoritairement masculins. Le taux des hommes hévéaculteurs varie de 86,96 p.c. (Danané) à 98,48 p.c. (Biankouma). Par ailleurs, la proportion des femmes cheffesses d'exploitation est plus importante dans le département de Danané (13,04 p.c.) et moins importante à Biankouma avec un taux de 1,52 p.c. (Figure 27). L'hévéaculture dans la zone d'étude est dominée par les hommes avec un taux de 93,28 p.c. (Figure 28). Les femmes ne représentent que 6,72 p.c. des hévéaculteurs.

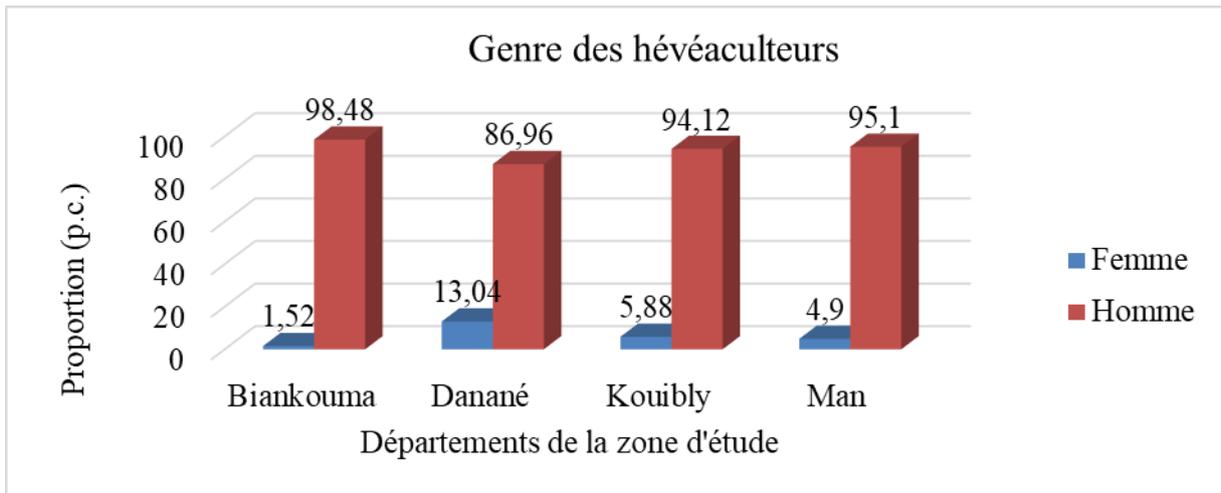


Figure 27 : proportion du genre des hévéaculteurs en fonction des départements de la zone d'étude

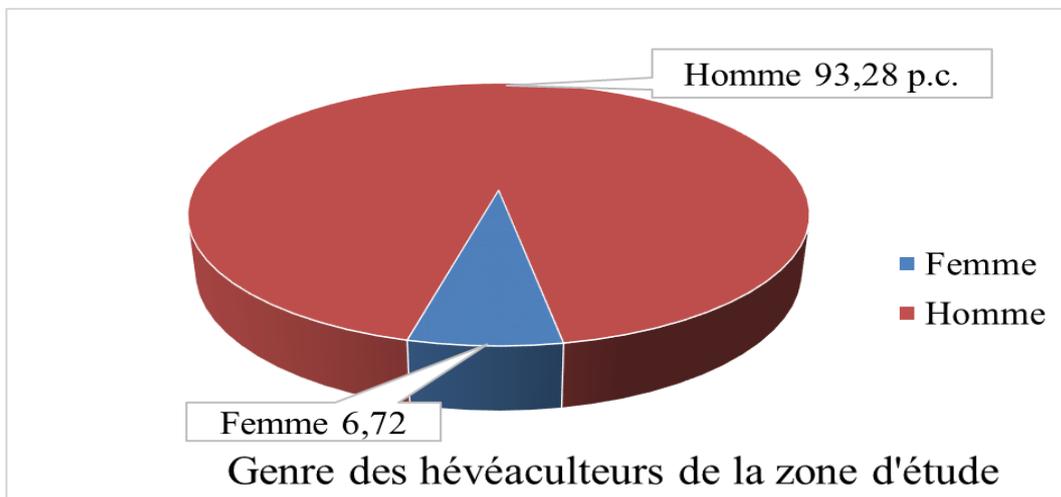


Figure 28 : répartition des hévéaculteurs en fonction du genre à l'Ouest de la Côte d'Ivoire (2019)

1.1.1.3. Age

L'âge des hévéaculteurs enquêtés varie de 20 à 83 ans avec une classe modale qui se situe entre 40 et 49 ans. La moyenne d'âge est de 47 ans pour l'ensemble des enquêtés dont 46 ans pour les hommes et 51 ans pour la population féminine.

1.1.1.4. Niveau d'étude

Le niveau moyen d'étude des hévéaculteurs des départements de la zone d'enquête le primaire pour Biankouma, Danané et Man. Pour ce qui concerne Kouibly, ils sont majoritairement analphabètes avec un taux de 41,18 p.c. (Figure 29). De manière général, hévéaculteurs enquêtés de la région semi-montagneuse de l'Ouest de la Côte d'Ivoire ont le

primaire 39,55 p.c.. On note 23,13 p.c. d'analphabète, 36,32 p.c. de niveau secondaire et 1 p.c. pour le niveau supérieur (Figure 30).

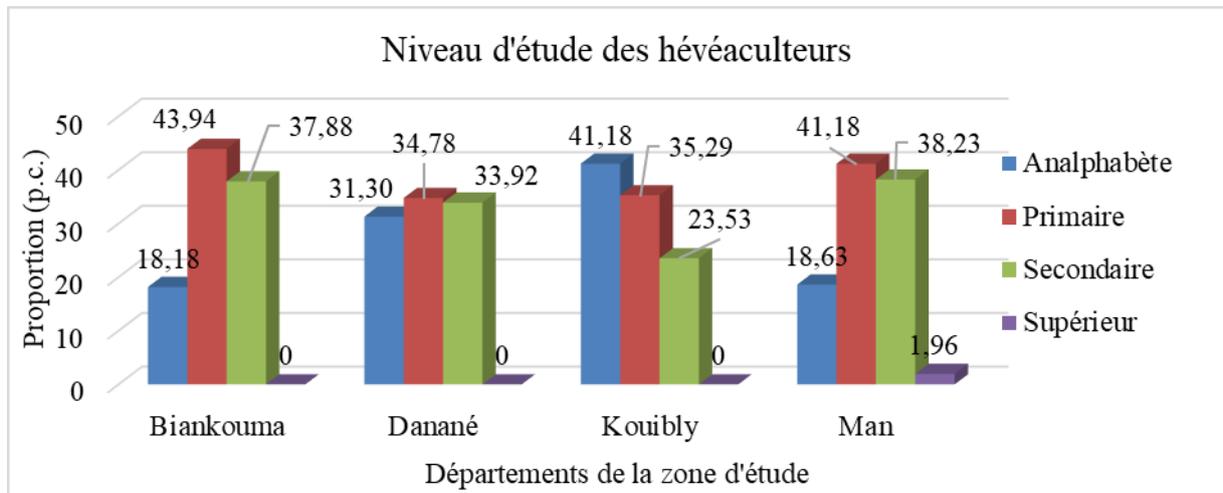


Figure 29 : Proportion du niveau d'étude des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude

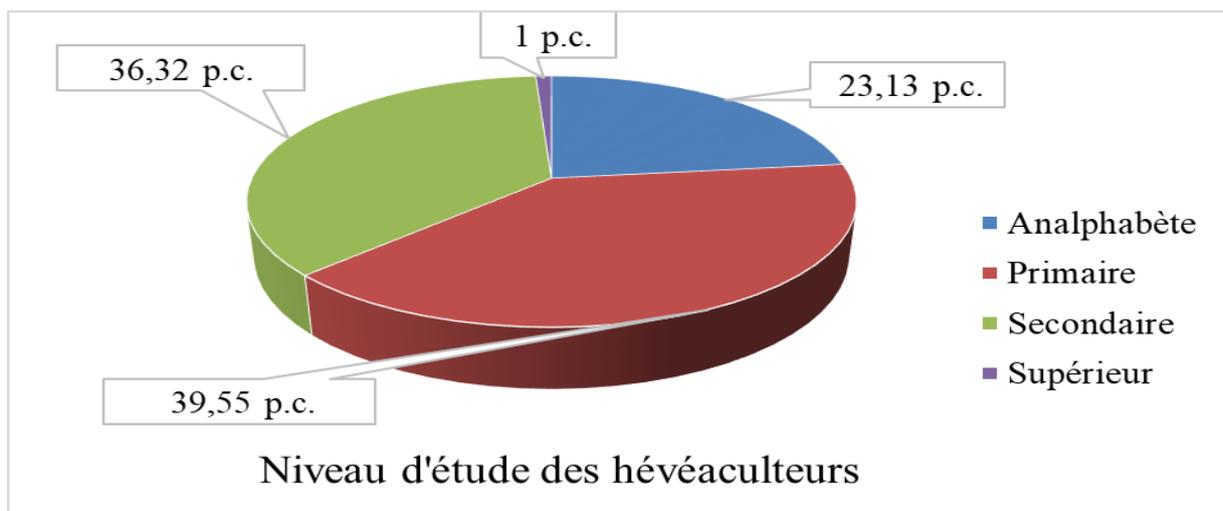


Figure 30 : Répartition des hévéaculteurs en fonction de leur niveau d'étude à l'Ouest de la Côte d'Ivoire

1.1.1.5. Activités des hévéaculteurs enquêtés

La principale activité de l'ensemble des hévéaculteurs de l'Ouest semi montagneux de la Côte d'Ivoire est l'agriculture avec un taux qui varie de 89,81 (Man) à 100 p.c. (Kouibly) pour une moyenne de 94,25 p.c. (Figure 31). L'autre frange de la population d'hévéaculteurs est constituée de fonctionnaires avec un taux de 1,5 p.c. et de travailleurs du secteur privé avec un taux de 4,25 p.c. (Figure 32).

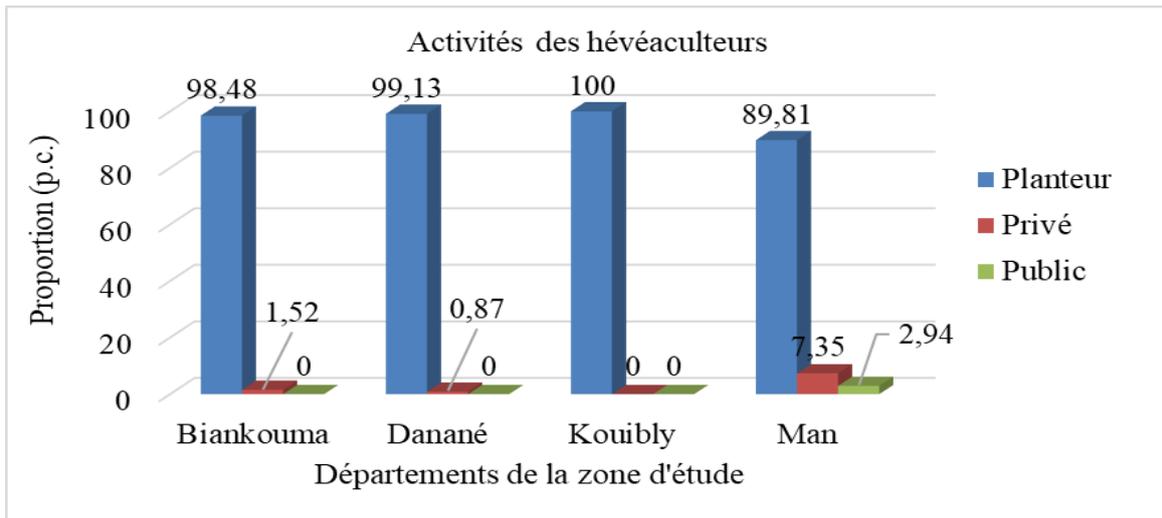


Figure 31 : proportion des activités des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude

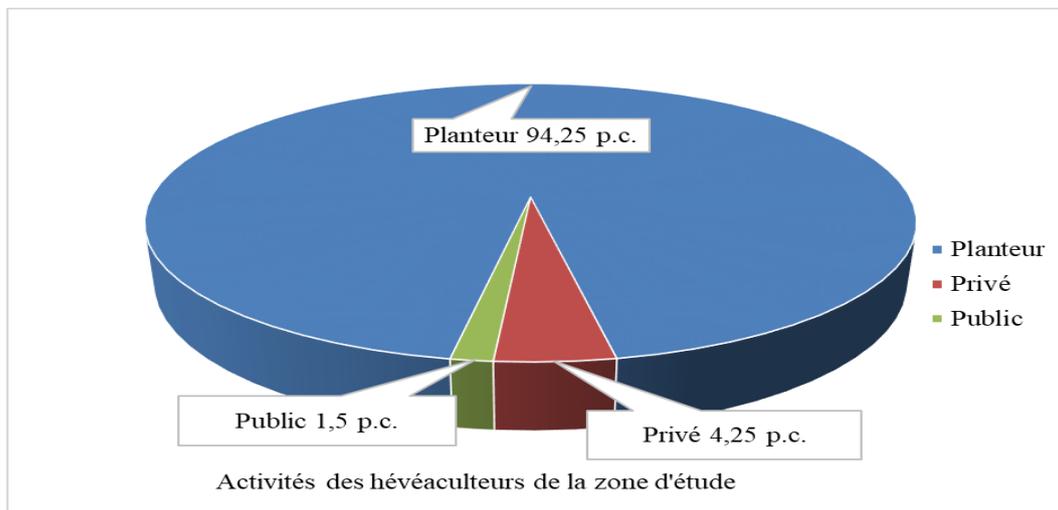


Figure 32 : répartition des hévéaculteurs en fonction de leur activité à l'Ouest de la Côte d'Ivoire

1.1.2. Motivation des enquêtés vis-à-vis de l'hévéaculture

Cinq motivations ont été énoncées pour justifier la présence de l'hévéaculture dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Il s'agit de la mensualisation des revenus, de la facilité de travail reposant sur la réduction considérable de l'enherbement à partir de la 3^{ème} ou 4^{ème} année (selon le clone) par le développement de la canopée, de la diversification financière, de la flambée des prix d'achat du caoutchouc des années 2010 et de la lutte contre la déforestation. Parmi ces motivations, la mensualisation des revenus a été évoquée par 100 p.c. des hévéaculteurs de Danané et Kouibly. Les hévéaculteurs enquêtés de Biankouma et de Man se sont exprimés respectivement à 95.45 p.c. et à 91.67 p.c. (Figure 33). Dans l'ensemble de la zone d'étude, 95.02 p.c. des hévéaculteurs enquêtés ont mentionné la mensualisation de

revenu comme motivation principale (Figure 34). Les autres motivations ont été évoquées par moins de 10 p.c. des enquêtés. La mensualisation des revenus classe les hévéaculteurs en deux catégories. Une (1) catégorie, représentée par 70 p.c. des hévéaculteurs, pour laquelle les revenus tirés de l'hévéaculture sont leur principal moyen de subsistance et une (1) autre catégorie, représentée par 30 p.c., pour laquelle ces revenus sont additionnels à d'autres revenus.

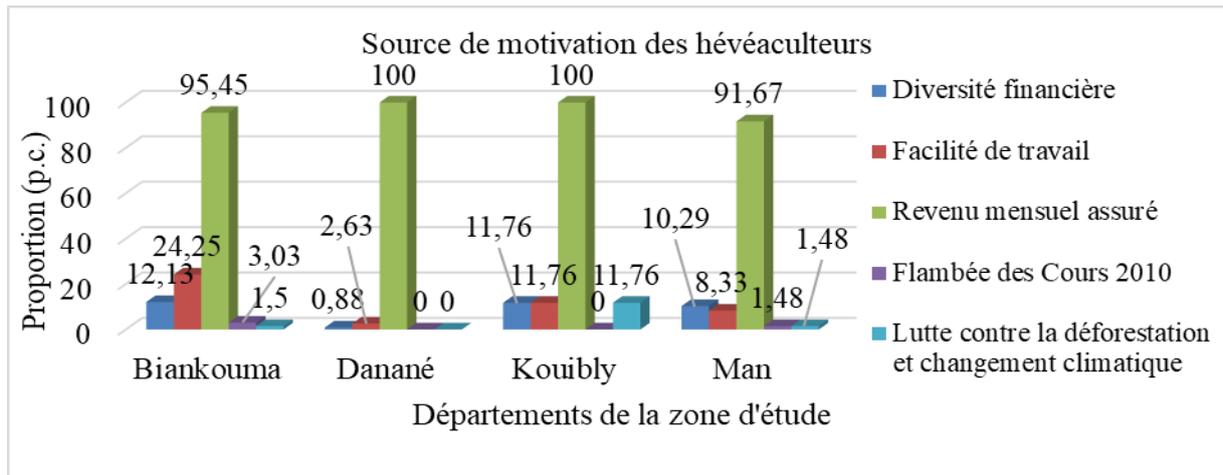


Figure 33 : proportion des sources de motivation des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude

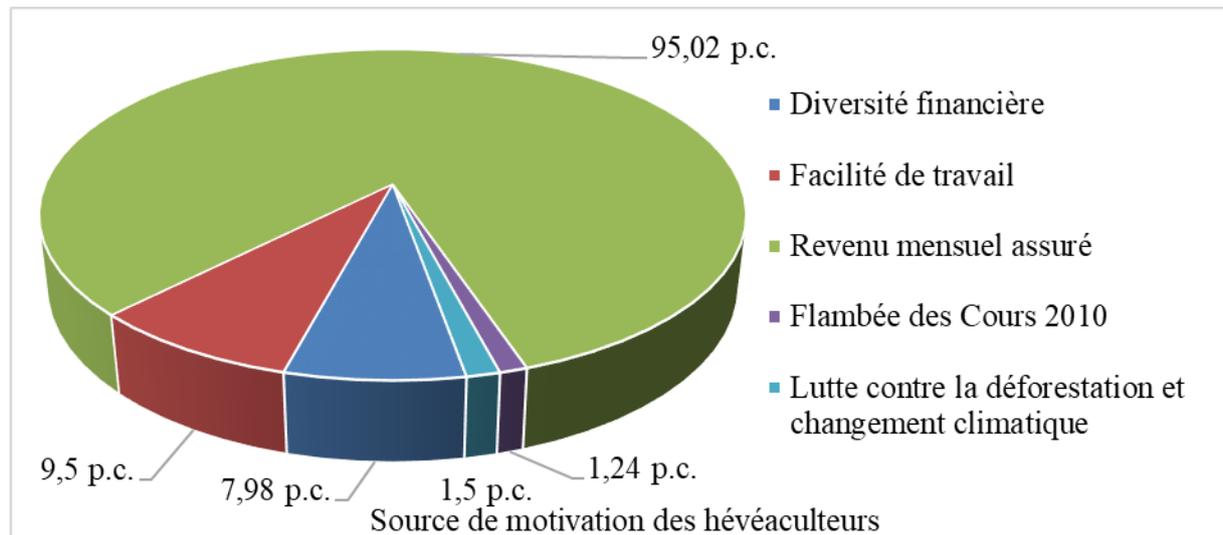


Figure 34 : répartition des hévéaculteurs de l'Ouest de la Côte d'Ivoire en fonction de la source de motivation

1.1.3. Ressources des hévéaculteurs de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire

1.1.3.1. Ressources foncières et mode d'acquisition

Les chiffres issus de l'enquête révèlent que le taux d'exploitant ne disposant pas de réserve varie de 29.41 p.c. (Kouibly) à 48.48 p.c. (Biankouma) autour d'une moyenne de 35,32 p.c. obtenue dans l'ensemble de la zone d'étude. Pour ce qui concerne ceux qui en possède, les superficies varient de 0,25 à 200 ha autour d'une moyenne de 4,06 ha. La majorité des superficies de ces réserves sont inférieures à 5 ha. Les départements de Man, Danané, Biankouma et Kouibly enregistrent respectivement 54.89 p.c., 53.92 p.c., 50 p.c. et 47.04 p.c. de réserve inférieures à 5 ha (Figure 35). La plus grande réserve est la propriété d'un planteur de Biankouma. Dans l'ensemble de toute la zone d'enquête, 35.32 p.c. des hévéaculteurs ne possèdent pas de réserve et parmi les 64.68 p.c. qui en possèdent, 53,45 p.c. sont inférieures à 5 ha (Figure 36). La superficie totale de ces réserves est de 1057,35 ha (Tableau VI).

L'héritage, l'achat, le don et la location sont les quatre (4) modes d'acquisition du foncier. Plus de la moitié des paysans ont hérité des terres. Le taux d'héritage minoré par Biankouma avec une proportion de 59,09 et majoré par Kouibly avec une portion de 94,12 p.c. autour d'une moyenne de 79,6 p.c. (Figure 37). L'achat qui est le second moyen d'acquisition a une portion de 13,43 p.c. Les parts d'acquisition des terres par don et par location sont respectivement de 6,47 p.c. et de 0,5 p.c. (Figure 38).

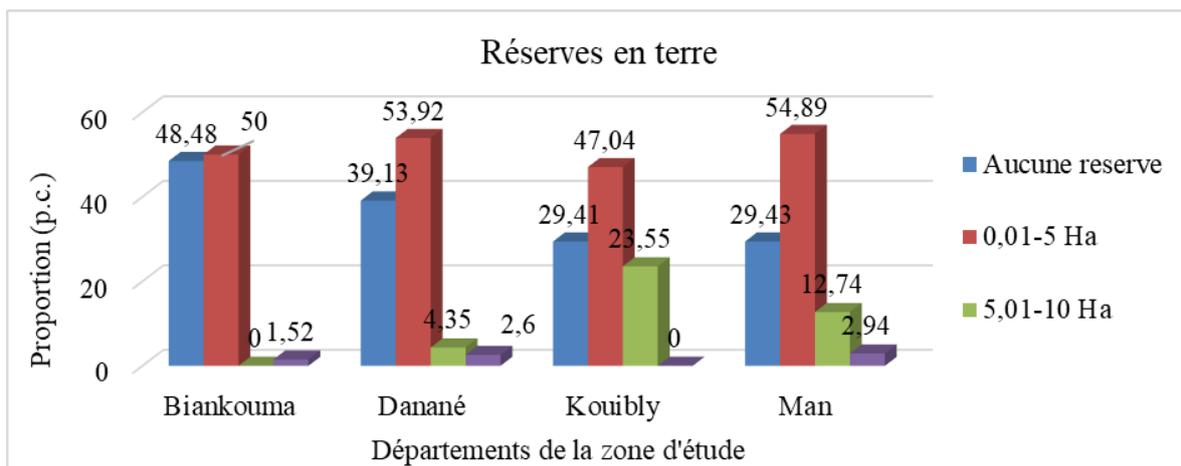


Figure 35 : proportion des réserves en terre des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude

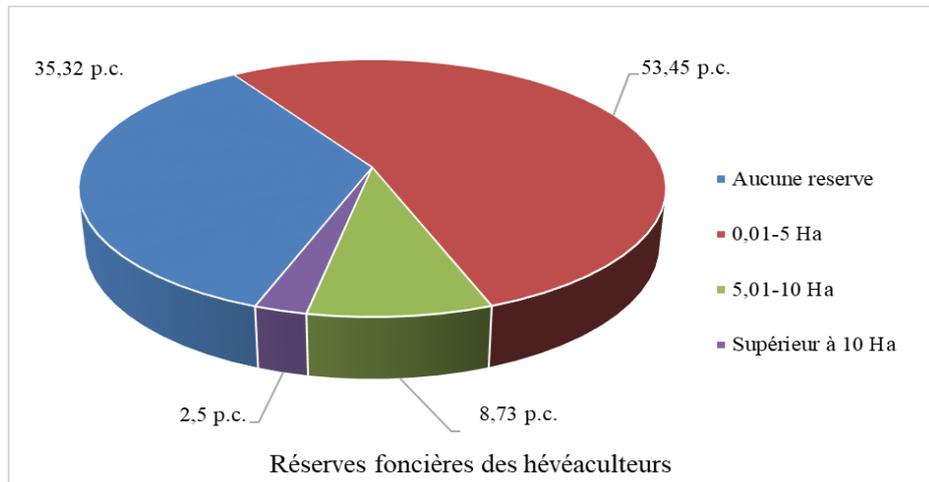


Figure 36 : répartition des réserves en terre des hévéiculteurs de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire

Tableau VI : réserves de terre des hévéiculteurs de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire

Département	Hévéiculteurs		Sup totale (Ha)	Sup moy (Ha)	E-type	Sup min (Ha)	Sup max (Ha)
	Nbre	Proportion (p.c.)					
Biankouma	34	51,52	255,25	7,51	34,04	0,25	200
Danané	70	60,87	224,5	3,21	3,55	0,5	20
Kouibly	12	70,59	56	4,67	2,99	0,5	10
Man	144	70,59	521,6	3,62	3,42	0,5	20,5
Zone d'étude	260	64,68	1057,35	4,07	12,64	0,25	200

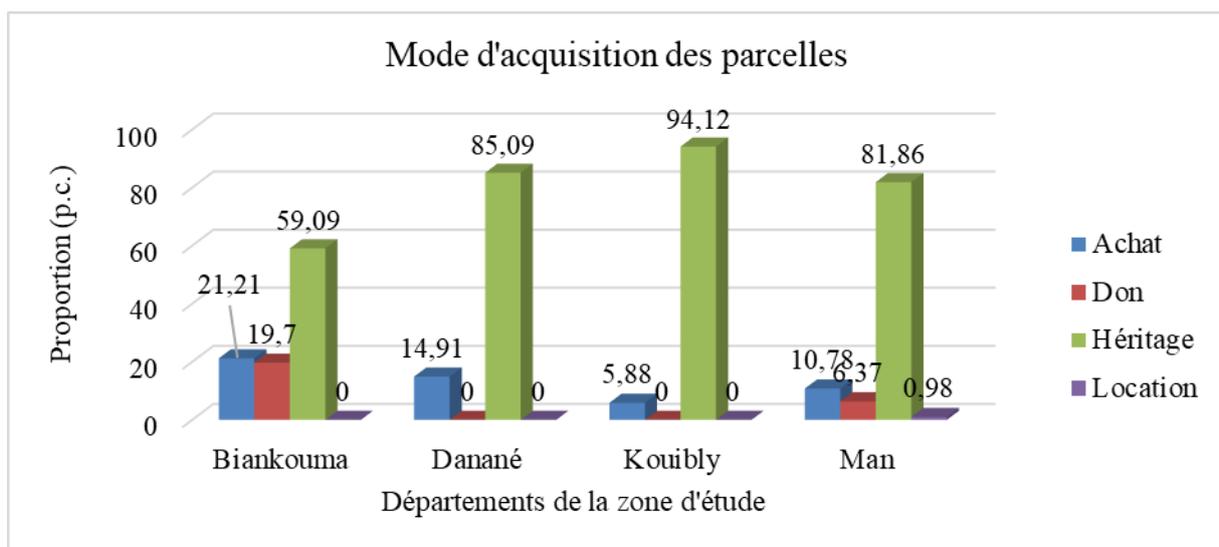


Figure 37 : proportion des modes d'acquisition de la terre des hévéiculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude

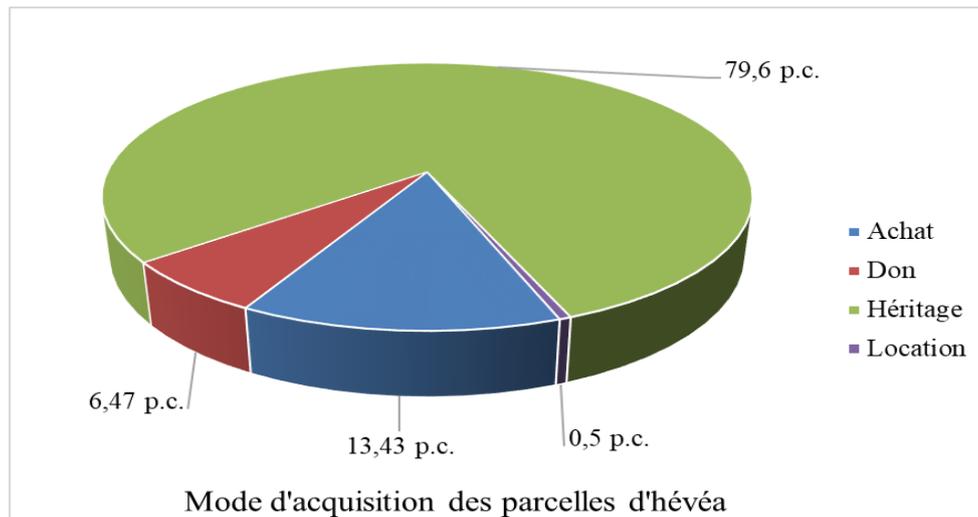


Figure 38 : répartition des hévéaculteurs en fonction du mode d'acquisition de la terre dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire

1.1.3.2. Ressource humaine

Cellule familiale

La stratification des ménages en fonction du nombre de personne qui la compose a permis de distinguer trois classes. Il s'agit des petits ménages constitués d'une (01) à cinq (05) personnes, des ménages moyens composés de six (06) à dix (10) personnes et des grands ménages constitués de plus dix (10) personnes. La classe modale de ménage diffère d'un département à un autre. Les petits ménages sont prépondérants à Man et à Kouibly avec une proportion de 47,06 p.c. pour chacun de ces départements. Biankouma et Danané sont dominés par les ménages moyens à des taux respectifs de 40,91 p.c. et 61,74 p.c. (Figure 39). La taille moyenne des ménages est de 7 personnes, avec 4 enfants, dont une moitié scolarisée dans tous le département excepté Biankouma où la moyenne de personnes est de 9 avec 6 enfants par ménage. Dans l'ensemble, les ménages moyens sont les plus nombreux avec un taux de 47,01 p.c. (Figure 40).

Activités au champ

Il ressort de l'enquête que le nombre d'actifs agricoles par hévéaculteur, varie d'une (01) à trente (30) personne(s) avec une moyenne de 7 personnes. En plus de la main d'œuvre familiale, les hévéaculteurs ont eu recours à la main d'œuvre contractuelle dans 71,5 p.c. des cas. En outre, la main d'œuvre utilisée, en terme de nombre, varie d'un paysan à l'autre.

Résultats et discussion

Pour la mise en place de la culture, tous les hévéaculteurs utilisent une main d'œuvre contractuelle. Mais, pour l'entretien des parcelles, ils utilisent aussi bien la main d'œuvre familiale que la main d'œuvre occasionnelle. Parfois, les exploitants font louer les interlignes des hévéas à d'autres paysans pour y cultiver des vivriers. Cette dernière option a été le fait de 23,23 p.c. des hévéaculteurs. Les activités agricoles de ces particuliers contribuent à la propreté du champ.

La récolte du caoutchouc naturel, est réalisée pour 44,44 p.c. des enquêtés avec la main d'œuvre contractuelle contre 55,56 p.c. avec la main d'œuvre familiale. Les saigneurs sont rémunérés sur la base du poids des fonds de tasse récolté (50 FCFA/Kg).

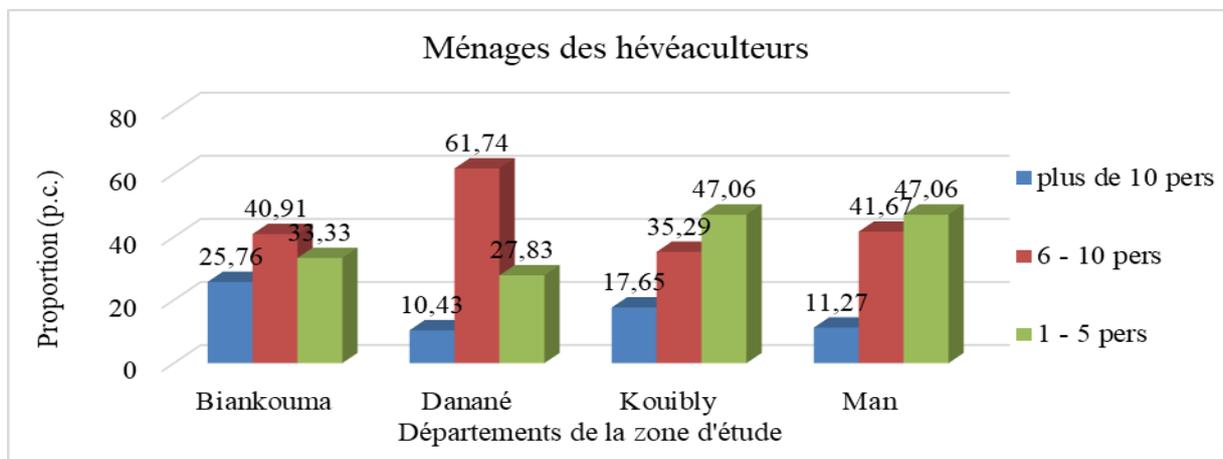


Figure 39 : proportion des types de ménages des hévéaculteurs enquêtés en fonction des départements de la zone d'étude

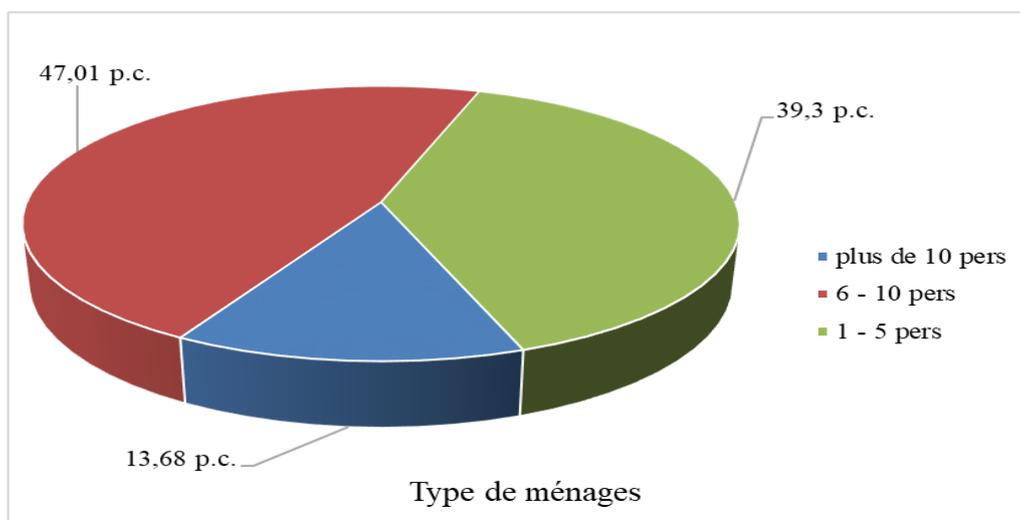


Figure 40 : répartition des types de ménages en fonction des hévéaculteurs de la zone d'étude

1.1.3.3. Nombre de plantations d'hévéa par paysan

Le nombre total de parcelles hévéicoles est de 526 pour un effectif de 402 planteurs. La grande majorité (77,11 p.c.) des hévéaculteurs a une seule parcelle d'hévéa. Cette proportion varie d'un département à l'autre. Les résultats révèlent 88,24 p.c. à Kouibly, 77,27 p.c. à Biankouma, 76,52 p.c. à Danané et 76,47 p.c. à Man (Figure 41). Ceux qui ont plus d'une parcelle d'hévéa représentent 23,89 p.c. dont 15,92 p.c. ont deux (2) champs, 6,47 p.c. trois (3) champs et 0,5 p.c. quatre (4) champs (Figure 42).

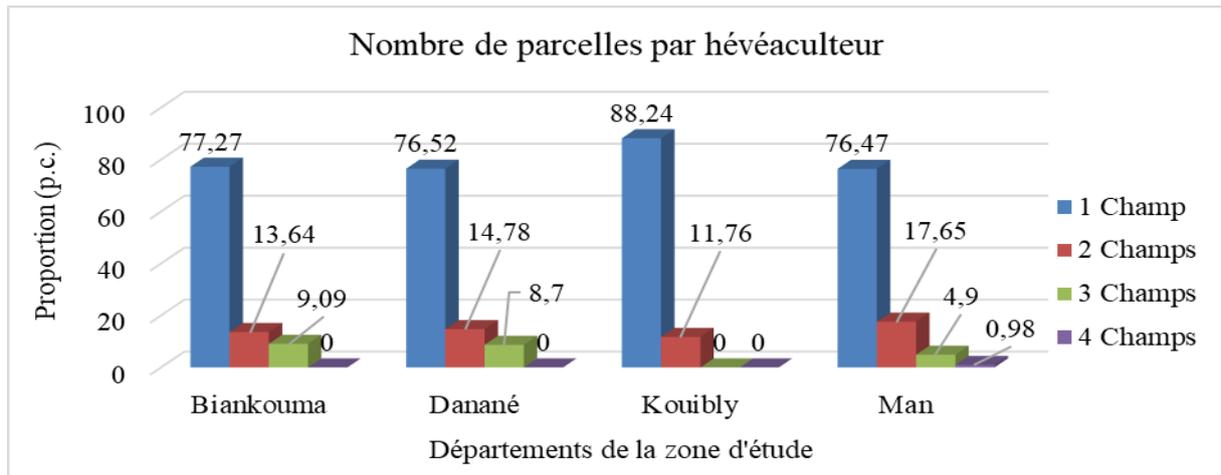


Figure 41 : nombre de champ d'hévéa par hévéaculteur enquêté en fonction des départements

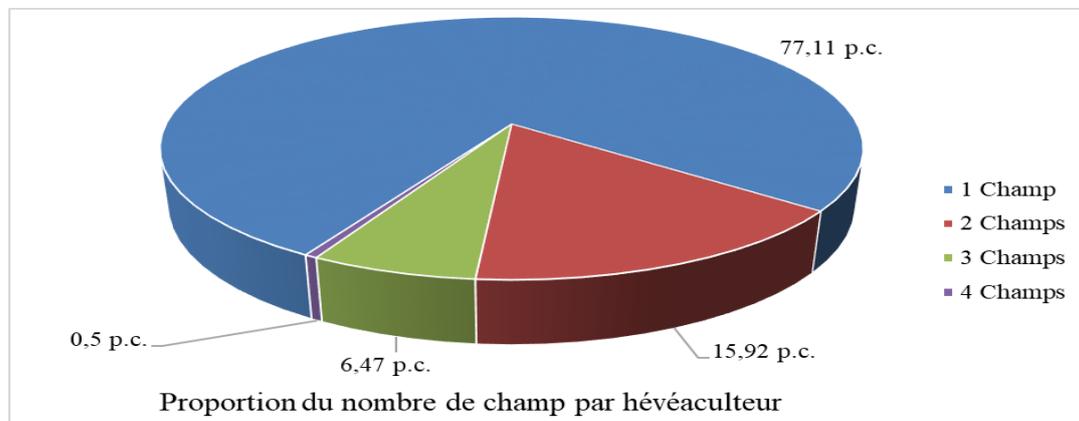


Figure 42 : répartition des planteurs en fonction du nombre de leur champs d'hévéa

1.1.4. Système de production

1.1.4.1. Diversification des cultures

L'analyse des données d'enquête sur les systèmes de production de l'Ouest de la Côte d'Ivoire a révélé que 76,87 p.c. des planteurs font de la polyculture pérenne (Figure 43). Ce taux diffère d'un département à l'autre. Il est de 89,39 p.c. à Biankouma, 90,43 p.c. à

Danané, 88,24 p.c. à Kouibly et 64,22 p.c. pour le département de Man. Les superficies des cultures pérennes autres que l'hévéa variant de 0,5 à 19 ha sont autour d'une moyenne de 3,18 ha. La superficie totale des exploitants est de 982,21 ha et la plus importante de 19 ha, a été observée à Danané.

Les chiffres, au niveau des superficies de cultures vivrières, montrent que 74,63 p.c. des enquêtés pratiquent l'agriculture vivrière (Figure 44). A Kouibly, tous les hévéaculteurs enquêtés cultivent du vivrier. Les superficies, autour d'une moyenne de 1,67 ha évoluent de 0,06 à 7,5 ha. La superficie totale de culture vivrière est de 507,22 ha. La plus importante superficie de cultures vivrières de 7,5 ha se trouve à Man.

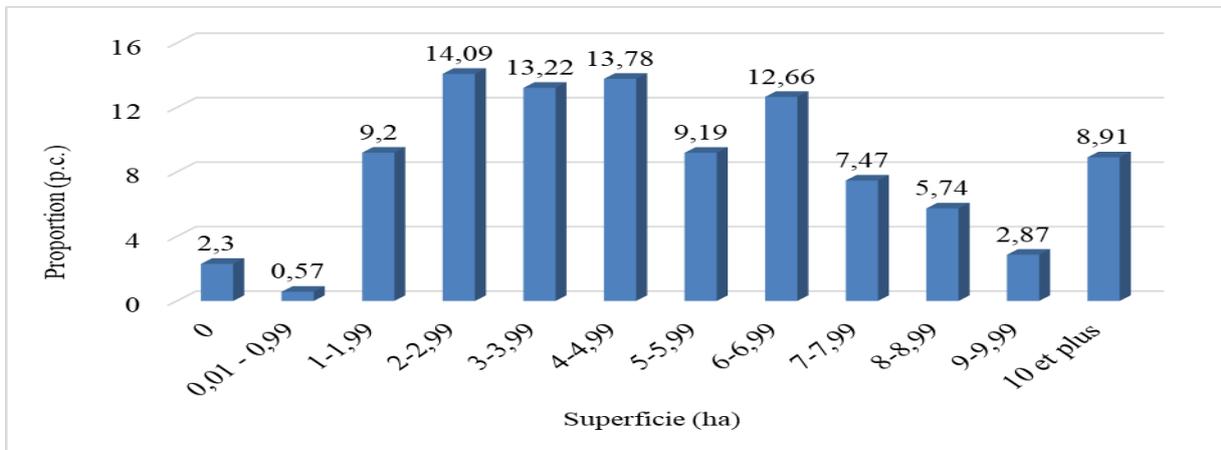


Figure 43 : superficie des cultures pérennes autre que l'hévéa des hévéaculteurs enquêtés dans l'Ouest semi montagneux de la Côte d'Ivoire (2019)

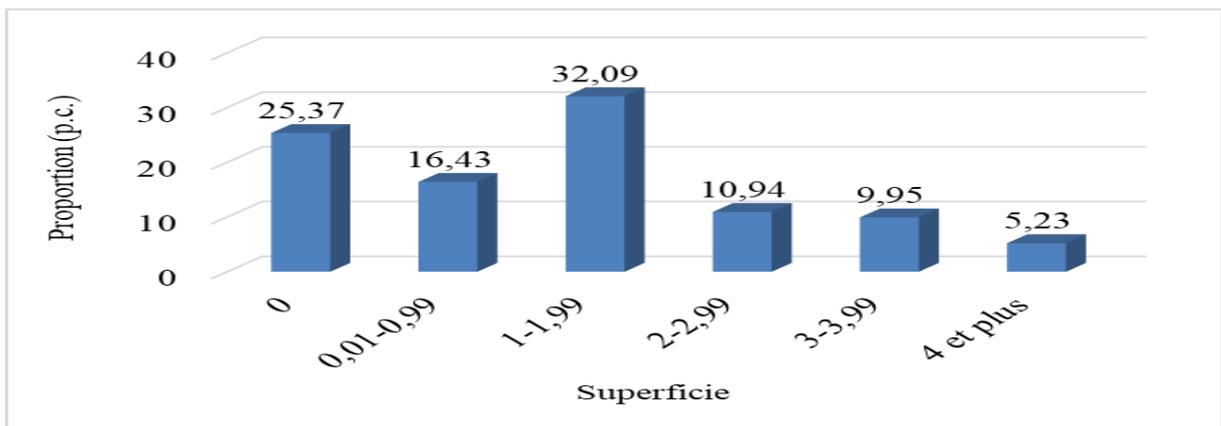


Figure 44 : superficie des cultures vivrières des hévéaculteurs enquêtés dans l'Ouest semi montagneux de la Côte d'Ivoire (2019)

1.1.4.2. Place de l'hévéa dans les systèmes de production

La superficie totale des exploitations des hévéaculteurs enquêtés dans l'Ouest semi montagneux de la Côte d'Ivoire est de 2758,12 ha. La superficie moyenne enquêtée des exploitations est de 6,85 ha par paysan et la plus importante de 8,59 ha a été observé à Danané. La superficie enquêtée occupée par la culture de l'hévéa dans ce système de production est de 1268,69 ha (Tableau VII). La proportion de la sole occupée par l'hévéaculture varie d'un département à un autre. La sole la plus importante a été observée à Man avec un taux de 52,51 p.c. et la plus faible à Kouibly avec une proportion de 23,49 p.c. (Figure 45). L'hévéaculture occupe ainsi 46 p.c. des surfaces d'exploitation de la région semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire (Figure 46).

Tableau VII : statistique de l'hévéaculture dans les systèmes de production dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire (2019)

Département	Sup Autres cultures	Sup hévéa	Sup Expl totale	Sup Expl moy	Ratio Hévéa/Expl (p.c.)
Biankouma	261,28	173,59	434,87	6,59	39,92
Danané	564,95	425,7	990,65	8,61	42,97
Kouibly	79,95	24,55	104,5	6,15	23,49
Man	583,25	644,85	1228,1	6,02	52,51
Zone d'étude	1489,43	1268,69	2758,12	6,86	46,00

Expl : Exploitation moy : moyenne Sup : Superficie

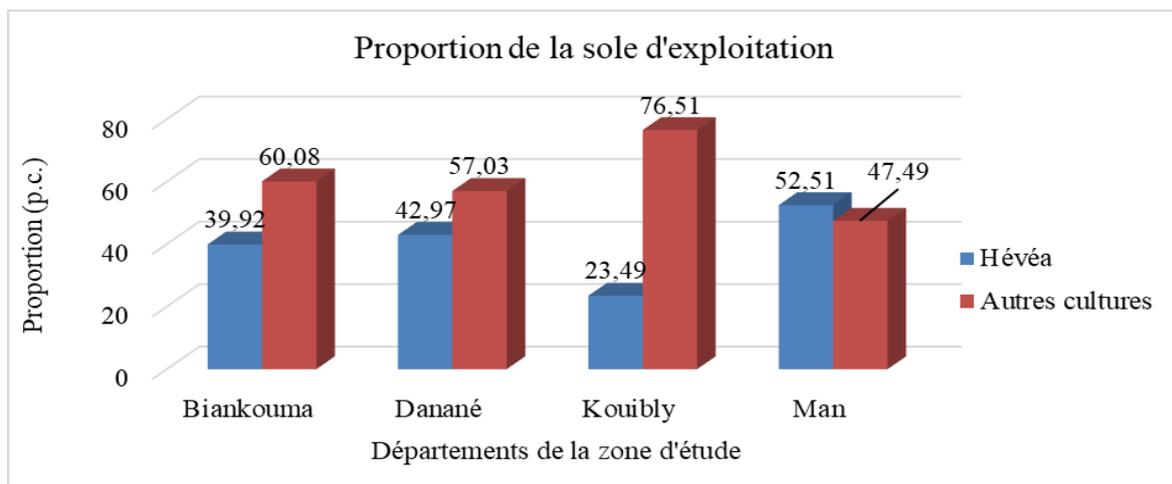


Figure 45 : proportion de la sole d'exploitation enquêtée en fonction des départements

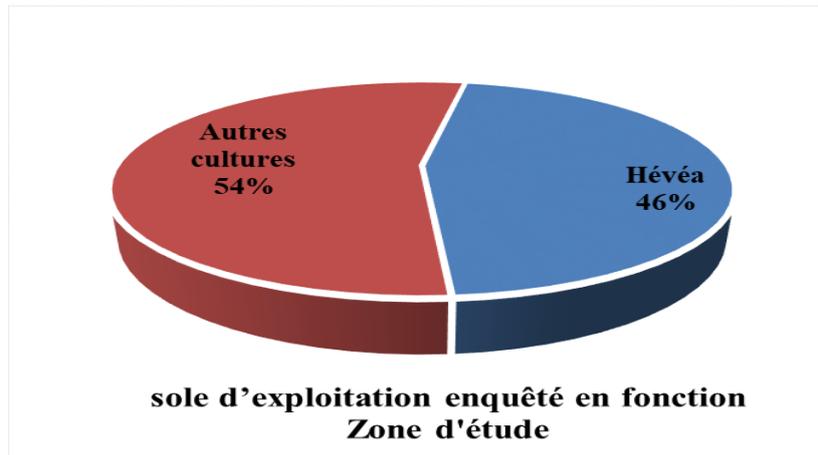


Figure 46 : répartition de la sole d'exploitation dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire

1.1.5. Période d'implantation et superficie des parcelles d'hévéa

Les parcelles prospectées ont été établies entre 1990 et 2019. Les deux premières créations datant de 1990 se localisent à Man et Biankouma. Ces créations ont été suivies de deux autres parcelles mises en place en 1997 à Danané. La grande vague d'implantation se situe entre 2007 et 2015 dans tous les départements enquêtés avec une proportion d'implantation qui évolue de 80,7 p.c. à 86,38 p.c. (Figure 47). Dans l'ensemble, 84 p.c. des champs ont été créés à cette période (Figure 48).

La superficie hévéicole totale est de 1268,69 ha. Ces surfaces varient de 0,33 à 20 ha avec une moyenne de 2,41 ha. La superficie d'hévéa la plus importante se trouve dans le département de Danané (Tableau VIII). La majorité (73,77 p.c.) des hévéaculteurs ont des parcelles de moins de 3 ha (Figure 49). Cette proportion qui varie d'un département à un autre se situe entre 69,41 p.c. (Man) et 94,74 p.c. (Kouibly). Les paysans ayant une surface hévéicole de moins de 3 ha représentent 94,74 p.c. à Kouibly, 87,35 p.c. à Biankouma, 71,05 p.c. à Danané et 69,41 p.c. à Man (Figure 50).

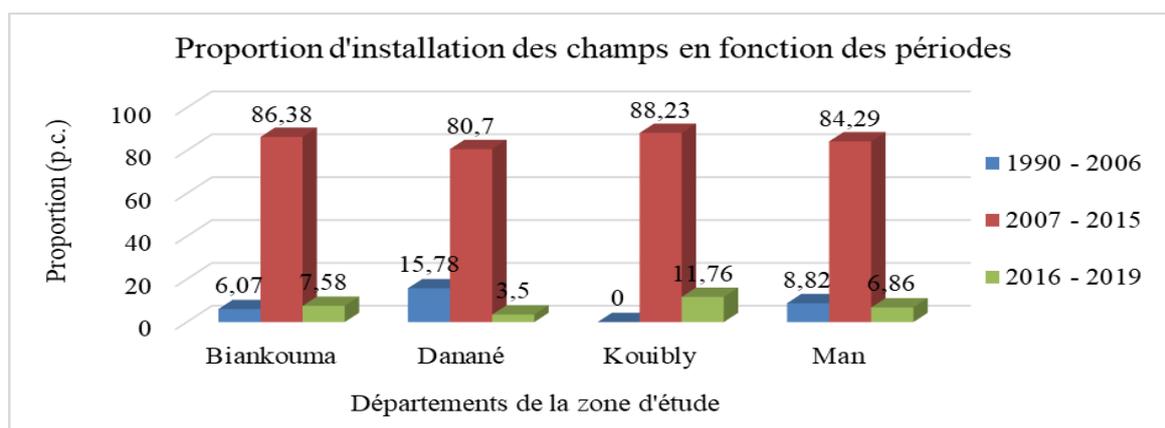


Figure 47 : proportion des périodes d'installation des parcelles d'hévéa en fonction des départements de la zone d'étude

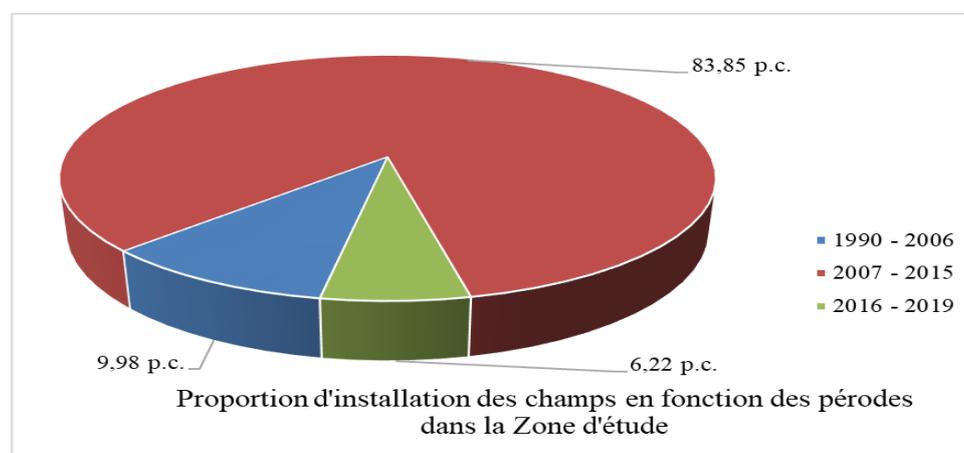


Figure 48 : répartition des périodes d'installation des parcelles d'hévéa dans l'Ouest semi montagneux de la Côte

Tableau VIII : superficie des parcelles hévéicoles par département prospecté

Département	Nbre de champ	Sup moy	Sup totale	E-type	Variance	Sup min	Sup max
Biankouma	87	2,00	173,59	2,41	5,80	0,5	18
Danané	152	2,80	425,7	3,43	11,74	0,33	20
Kouibly	19	1,29	24,55	0,67	0,46	0,5	3
Man	268	2,41	644,85	2,18	4,73	0,4	18
Zone d'étude	526	2,41	1268,69	2,62	6,87	0,33	20

Nbre : Nombre Sup : Superficie moy : moyenne min : minimum max : maximum

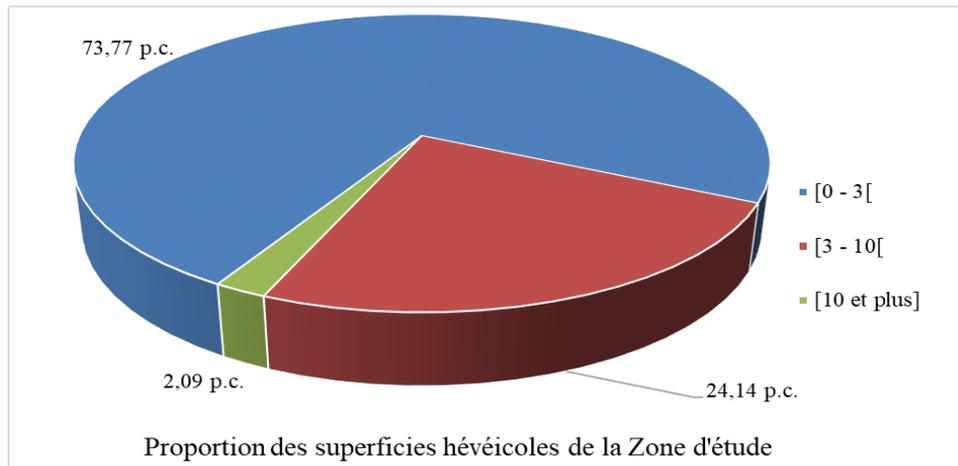


Figure 49 : répartition des superficies des parcelles hévicoles enquêtées dans la zone d'enquête

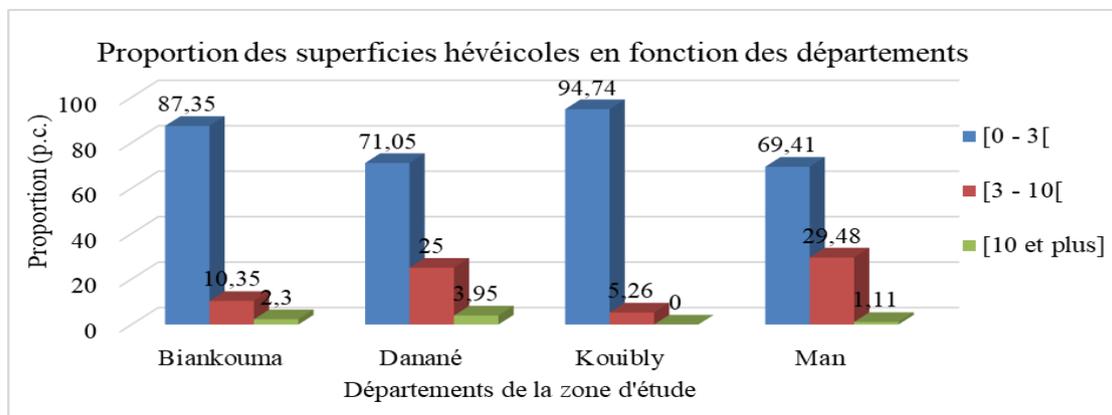


Figure 50 : proportion des superficies des parcelles hévicoles enquêtées en fonction des départements de la zone d'étude

1.1.6. Conduite des plantations

1.1.6.1. Précédents cultureux

Lors des enquêtes, quatre (04) précédents cultureux ont été observés. Il s'agit des jachères, du café, de la forêt et des cultures autres que le café. Les parcelles d'hévéa visitées ont été installées sur un précédent dominé à 45,63 p.c. par la culture du café (Figure 51). Cependant, le précédent culturel prépondérant varie d'un département à un autre. A Biankouma, la jachère est le précédent culturel le plus important (48,28 p.c.) suivi du café avec 39,08 p.c. A Danané et à Man, le café est le précédent culturel majoritaire avec des taux respectifs de 49,34 p.c. et 47,76 p.c. des champs emblavés. Le département de Kouibly présente une tout autre configuration avec la jachère comme précédent culturel culminant (36,84 p.c.), suivi de la forêt (31,58 p.c.). Le café et les autres cultures pérennes représentent

chacun 15,79 p.c. des précédents culturels dans la zone de Kouibly (Figure 52). En ce qui concerne l'âge des jachères, il varie d'un (01) à dix (10) ans avec une moyenne de 4 ans.

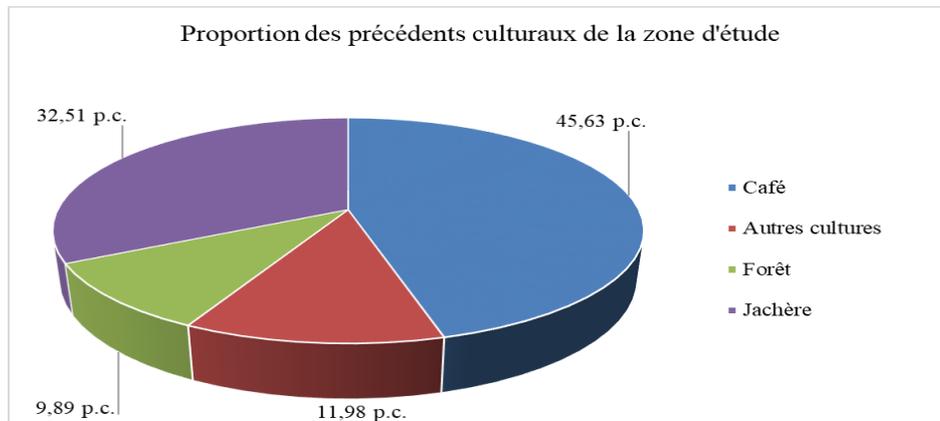


Figure 51 : répartition des précédents culturels des plantations d'hévéa dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire (2019)

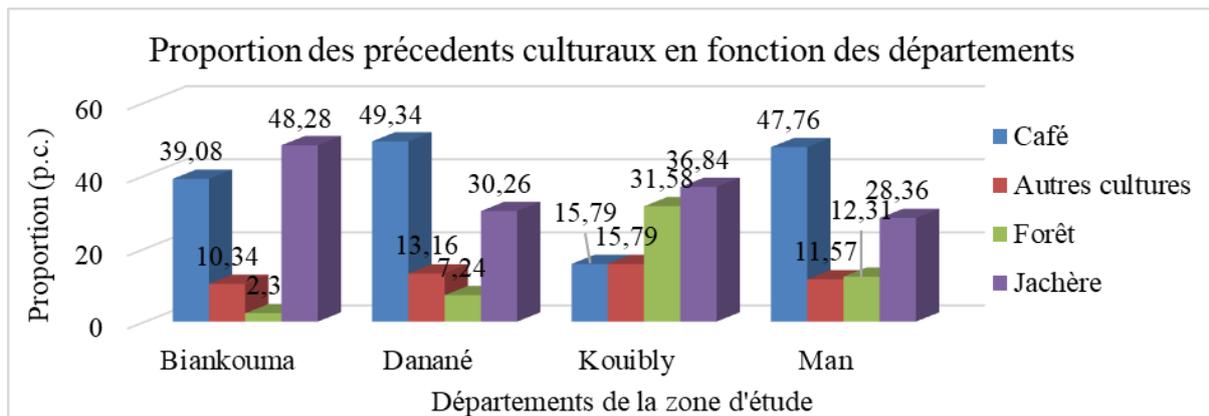


Figure 52 : proportion des précédents culturels en fonction des départements enquêtés

1.1.6.2. Clones d'hévéa plantés

Lors des enquêtes, huit (8) clones d'hévéa ont été inventoriés sur les parcelles. Il s'agit des clones GT 1, IRCA 18, IRCA 41, PB 217, PB 260, PR 107, RRIC 100 et RRIM 600. Ces clones ont été cultivés seul ou associé. Les visites dans les champs ont montré que 70 p.c. des champs mélangés sont à dominance GT 1. Ce clone est de loin le matériel végétal le plus utilisé en hévéaculture dans la zone de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Ce clone est, en effet, présent sur 97,34 p.c. des parcelles visitées.

1.1.6.3. Matériel végétal de plantation

Le matériel végétal utilisé pour la plantation est constitué de jauges (plants de pépinière en pleine terre élevé en sac), de plants issus de pépinières en pleine terre (Plants

avec motte de terre), de plants en sac et de stumps (plants recépés, plants à racine nue). La majorité des paysans a utilisé les jauges (31,18 p.c.). Certains paysans (14,26 p.c.) ont eu recours à des semis directs en combinaison avec les jauges, et les plants en sac (Figure 53). Cependant, le matériel végétal de plantation le plus utilisé évolue d'un département à un autre (Figure 54).

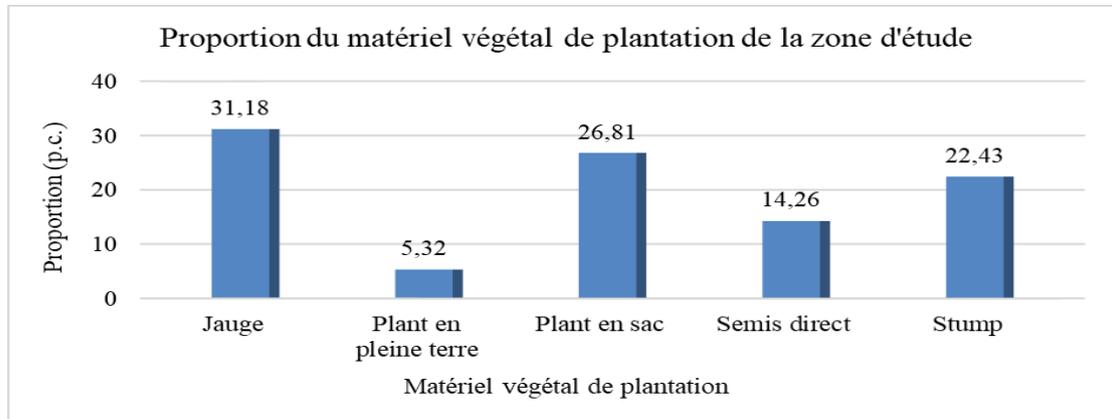


Figure 53 : proportion du matériel végétal de plantation utilisé dans la zone d'étude

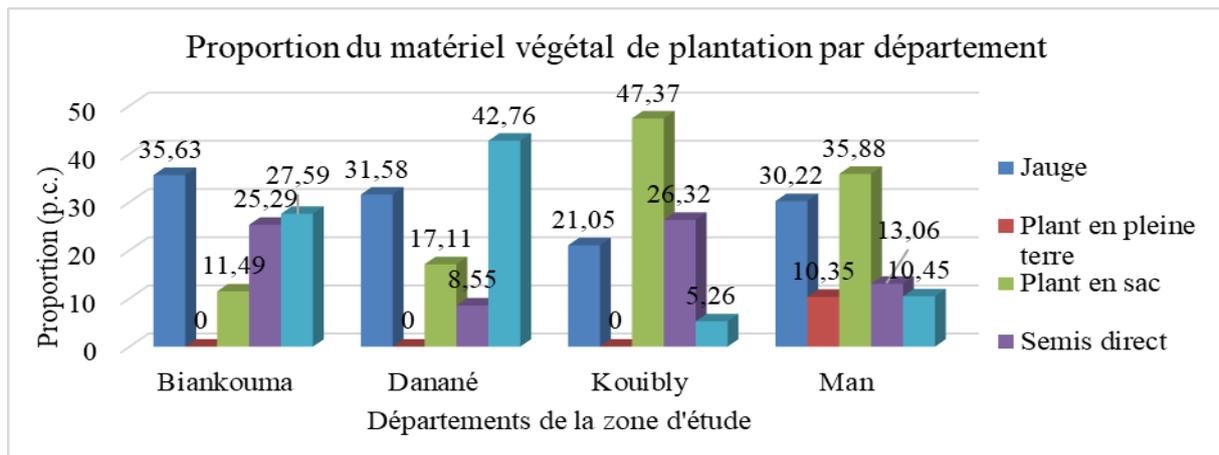


Figure 54 : proportion du matériel végétal de plantation utilisé en fonction des départements

1.1.6.4. Densité de plantation des hévéas

Les mesures de terrain ont relevé onze (11) différentes densités de plantation allant de 400 à 1 111 plants/ha (Figure 55). Les plus importantes sont : les densités de 5 m entre les lignes et 3 m sur la ligne soit 666 plants/ha (55,7 p.c.) et de 6 m entre les lignes et 3 m soit 555 plants/ha (26,81 p.c.).

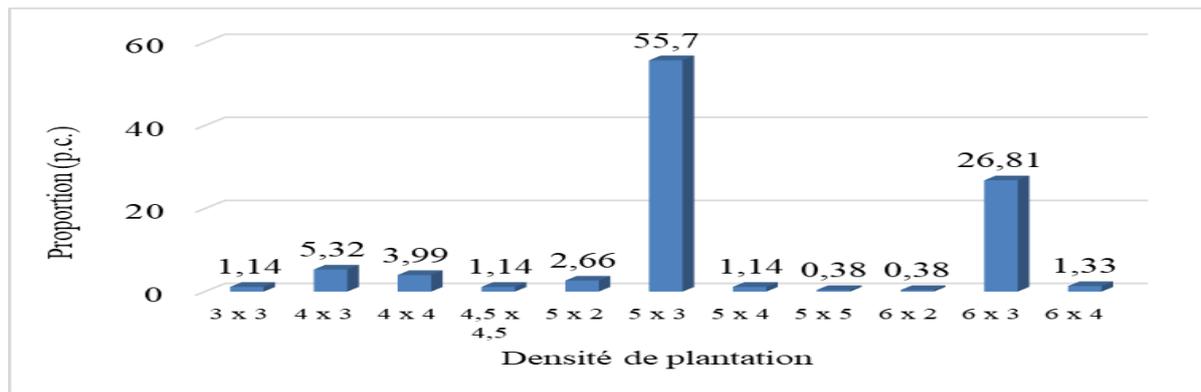


Figure 55 : densité de plantation dans les champs visités

1.1.6.5. Associations culturelles impliquant l'hévéa

Les systèmes de culture pratiqués portent, dans 67,87p.c. des cas, sur des cultures associées (Figures 56 et 57). La durée des associations avec l'hévéa varie de deux (02) à dix (10) années, selon la spéculation. Les cultures vivrières (Arachide, Riz, Manioc, Igname, Haricot, Plantain et Maïs) sont associées à l'hévéa dans 86,83 p.c. des cas. Les cultures d'exportation (Ananas, Café, Cacao et Cola), sont associées à l'hévéa dans 7,56 p.c. des cas. Les combinaisons vivriers-pérennes sont associées à l'hévéa dans 5,6 p.c. des cas (Figures 58 et 59). Les associations à base d'hévéa dans l'Ouest semi-montagneux ont mis à contribution onze (11) spéculations dont sept (7) vivrières et cinq (5) d'exportation. Ces associations sont réalisées avec une culture dans 45,10 p.c. des cas et avec une combinaison de cultures dans 54,90 p.c. des associations. Les cultures les plus associées à l'hévéa dans l'ouest de la Côte d'Ivoire sont le maïs (58,82 p.c.) et le riz avec un taux de 49,86 p.c.(Figure 60). Dans les associations à l'hévéa, les cultures vivrières sont disposées en vrac dans les interlignes des arbres (Figures 61, 62 et 63).

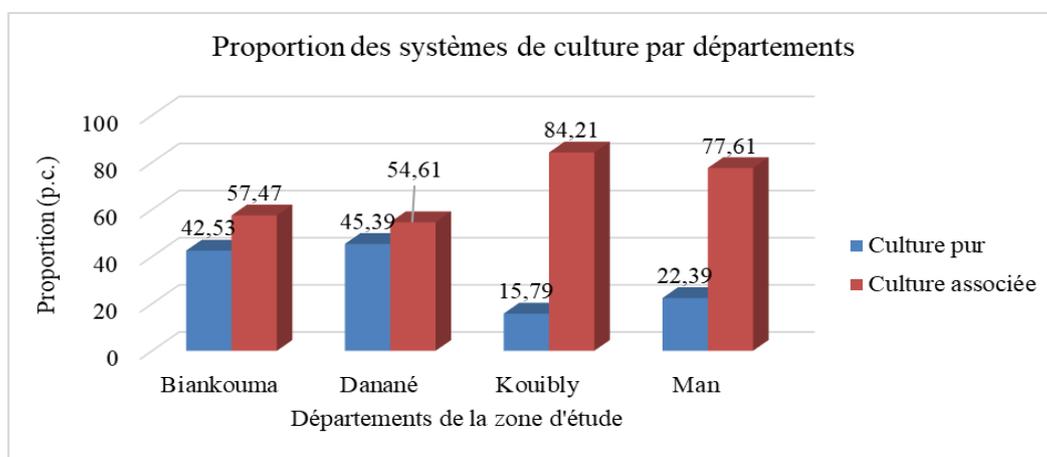


Figure 56 : proportion des systèmes de culture en fonction des départements de la zone d'étude

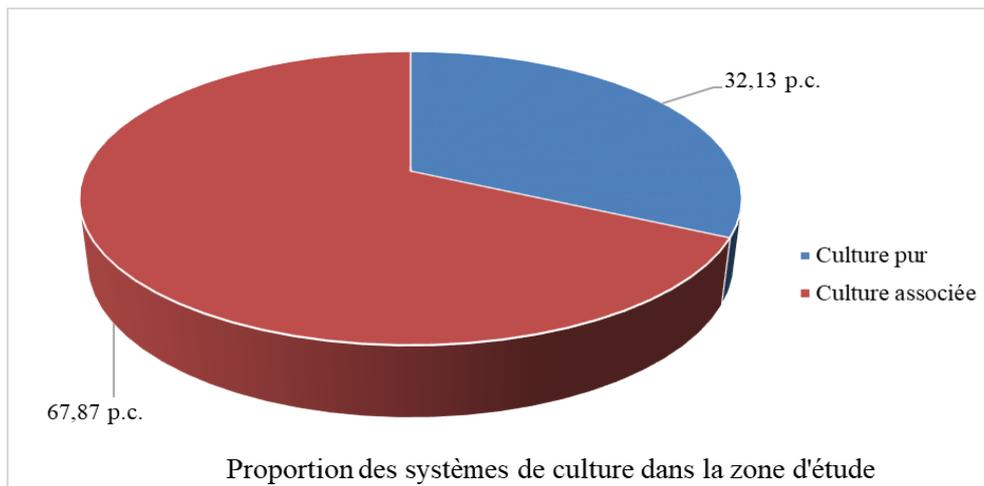


Figure 57 : répartition des systèmes de culture en fonction de la zone d'étude

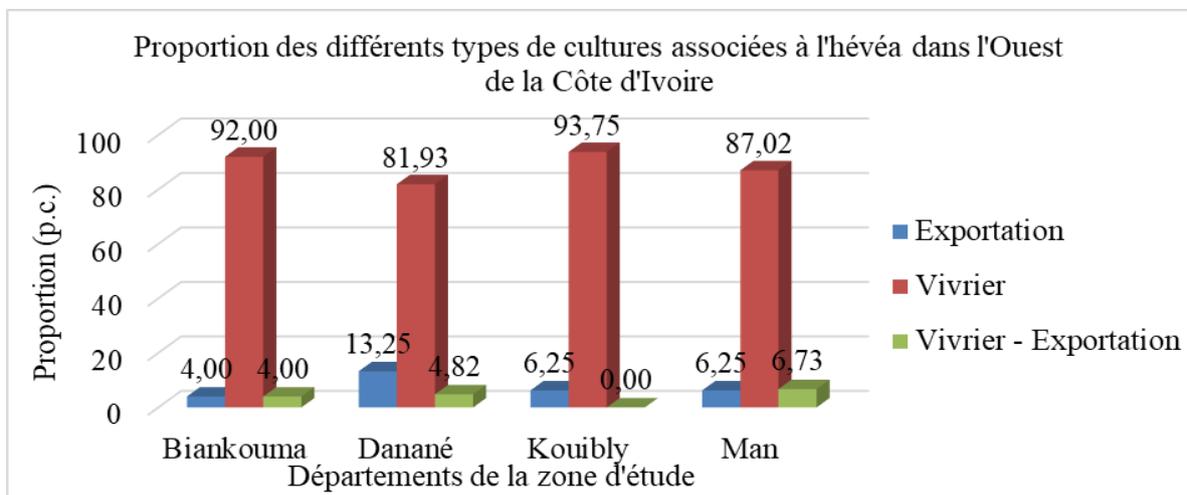


Figure 58 : proportion des différents types de cultures associées à l'hévéa en fonction des départements de la zone d'étude

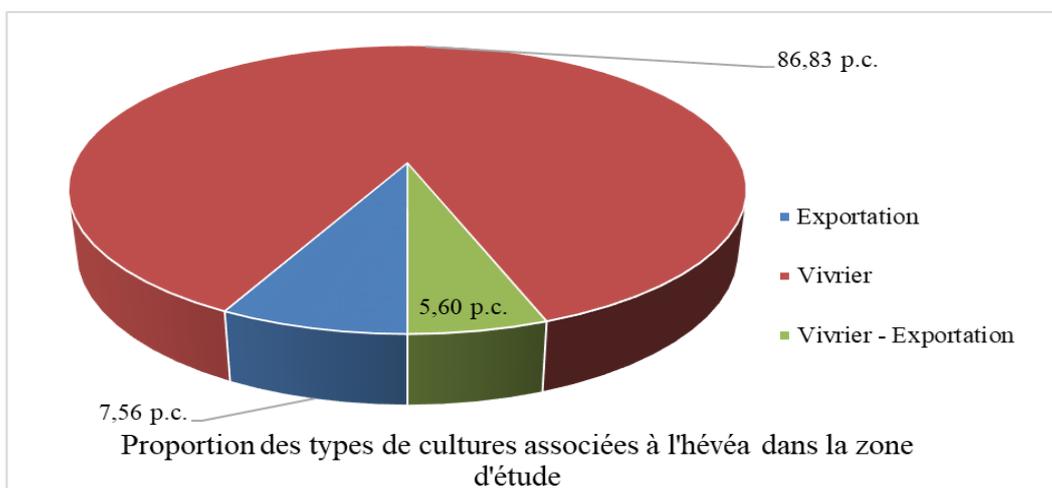


Figure 59 : répartition des différents types de cultures associées à l'hévéa dans la zone d'étude

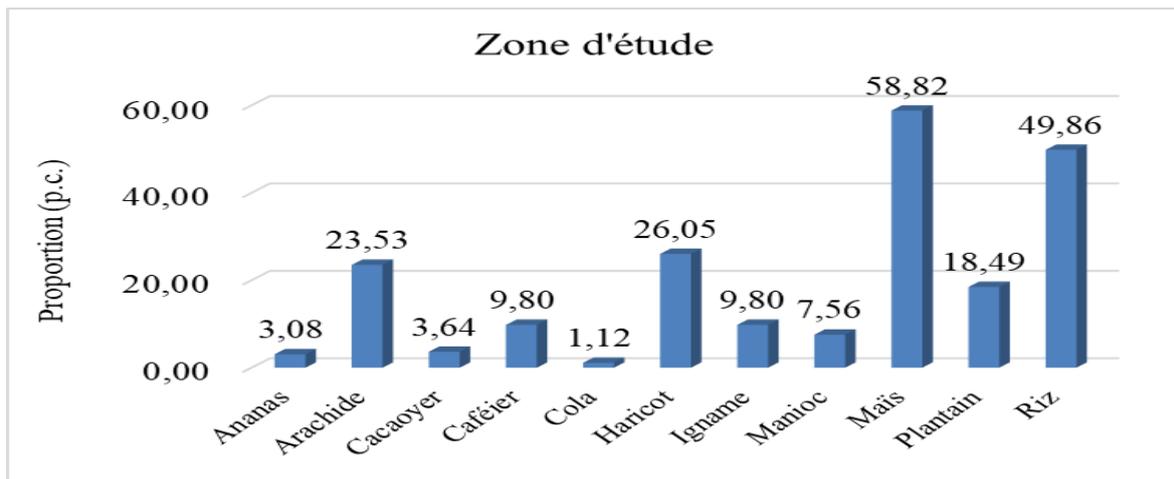


Figure 60 : proportion des cultures associées à l'hévéa



Figure 61 : association hévéa -maïs à Ggangbéguiné



Figure 62 : association hévéa-bananier à Zélé



Figure 63 : Association hévéa-ananas à Zélé, Man

1.1.6.6. Entretien des parcelles

Concernant l'entretien des plantations, il a été noté au cours de la période d'enquête, que 63,33 p.c. des parcelles étaient dans un état d'enherbement acceptable. Les opérations de rabattage des lignes et de fauchage des interlignes avaient été réalisées. Les autres formes d'entretien des arbres à savoir l'ébourgeonnage (Figure 64a) et l'égourmandage (Figure 64b), ne sont pas pratiquées par 30 p.c. des exploitants.

Diverses maladies attaquent l'hévéa depuis les racines jusqu'aux feuilles. Parmi ces maladies de l'hévéa figure la pourriture des racines qui est l'une des maladies les plus graves et les plus répandues. Selon les enquêtes, les pourritures sont causées par le genre *Fomes* ou *Fomes sp.* La pourriture blanche est due au *Fomes rigodoporus* ou *Fomes lignosus*. Quand la pourriture brune est provoquée par *Fomes noxius*. La pourriture brune qui due au *Fomes noxius* est la maladie la plus répandue dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Quelques attaques de termites ont été observées (Figure 65). Des détériorations à la fois de l'écorce et de la couche externe du bois présentant des écoulements de latex démontrent la présence de chancre du tronc dû à *Pythium complectens* dans certaines plantations d'hévéa (Figure 66).



Figure 64 : Plants d'hévéa mal entretenu à Kouitongouiné 2, Man

A: plant non ébourgeonné et enherbé. B : plant non égourmandé

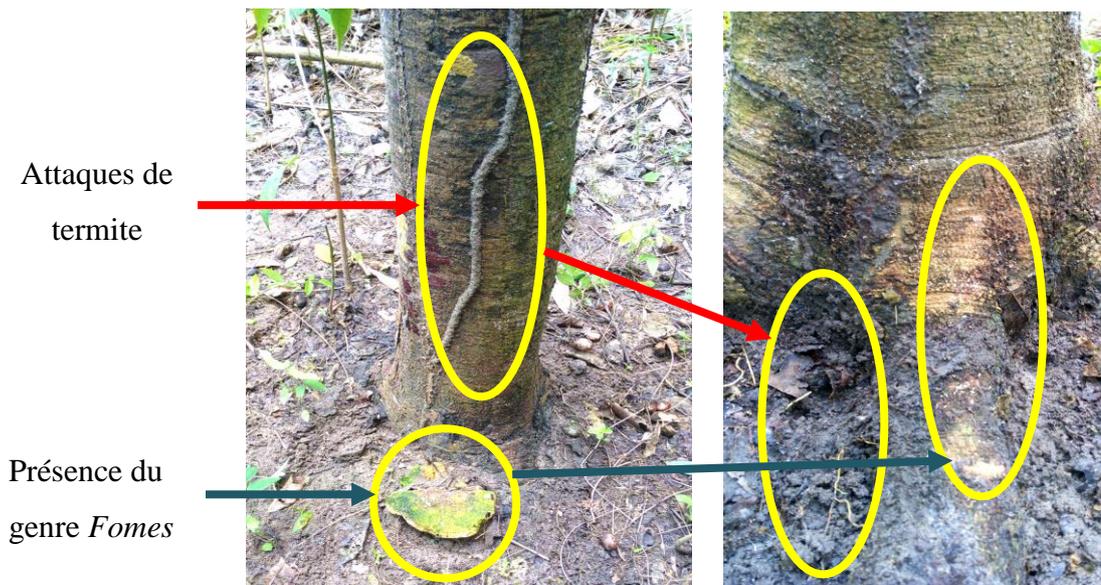


Figure 65 : Plants d'hévéa attaqué par les termites et le genre *Fomes*



Figure 66 : Tiges d'hévéa présentant des détériorations à la fois de l'écorce et de la couche externe du bois avec des écoulements de latex

1.1.6.7. Récolte du latex

Les résultats obtenus des enquêtes ont montré que 30,22 p.c. des plantations d'hévéa avaient moins de 7 ans donc considérés comme parcelles immatures ou improductives (Figures 67 et 68). L'ensemble des parcelles d'hévéa se répartissent en deux catégories. La première catégorie qui est représentée par les cultures non en rapport (CNER) ou jeunes cultures avec une part de 56,08 p.c. dont 53,04 p.c. de jeunes cultures et 3,04 p.c. de cultures en arrêt de saignée. La seconde est représentée par les cultures en rapport (CER) dans une proportion de 43,92 p.c. La surface totale des CER est de 574,82 ha soit 45,31 p.c. de la superficie hévéicole totale de la région d'étude. L'hévéa est saigné à différente fréquence. Il s'agit du d2 (J2, J3, J2 ou J2, J2, J3 ou J3, J2, J2 ; S/2 d2 6d/7), du d3 (J3, J4) et du d4 (J4,J5,J5 ou J5,J4,J5 ou J5,J5,J4)). La fréquence de saignée la plus pratiquée est le d3, sans jour de repos, avec une proportion de 68,02 p.c. Certaines mains d'œuvre saigneurs (29,96 p.c.) font du J3 avec un jour de repos (Figure 69). La longueur d'encoche du panneau de saignée adoptée dans la zone de l'Ouest est la demi-spirale en saignée descendante. Le produit stimulant le plus utilisé est « Callel » dans la proportion de 76,52 p.c. (Figure 70). Plusieurs planteurs (40,08 p.c.) font 6 stimulations par an. La figure 51 présente la fréquence de stimulation (Figure 71).

La profondeur de saignée diffère d'un arbre à un autre sur une même parcelle et d'une parcelle à une autre. Cette profondeur varie de 0,13 mm à 1,02 mm du cambium, avec une moyenne générale de 0,58 mm (Tableau IX). La consommation de l'écorce (épaisseur de l'écorce enlevée) varie également d'un champ à un autre (Tableau X). Elle part de 13,44 cm à

19,97 cm, avec une moyenne de 15,25 cm. Les génératrices ne sont pas respectées par 66,67 p.c. des saigneurs.

Les enquêtes ont, également, révélé que 60 p.c. des arbres portent des blessures occasionnées lors de la saignée. Ces blessures ne sont pas soignées dans 55,56 p.c. des cas (Tableau XI). Aussi, note-on des panneaux avec des blessures béantes et des bourrelets cicatriciels (Figure 72).

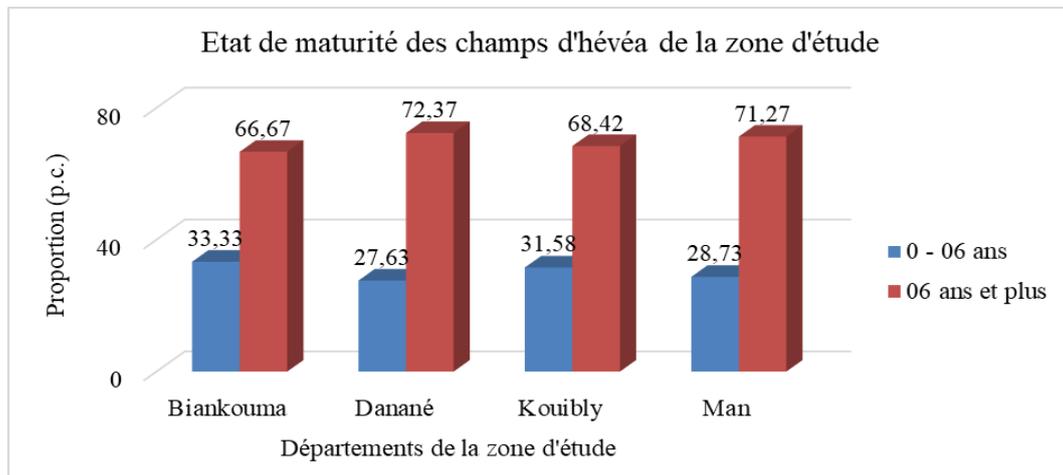


Figure 67 : proportion de l'état de maturité des champs d'hévéa en fonction des départements de la zone d'étude

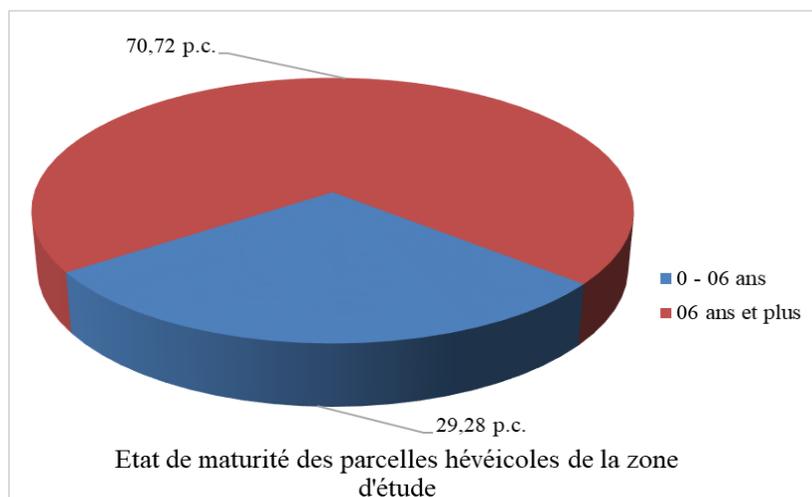


Figure 68 : répartition de l'état de maturité des champs d'hévéa de la zone d'étude

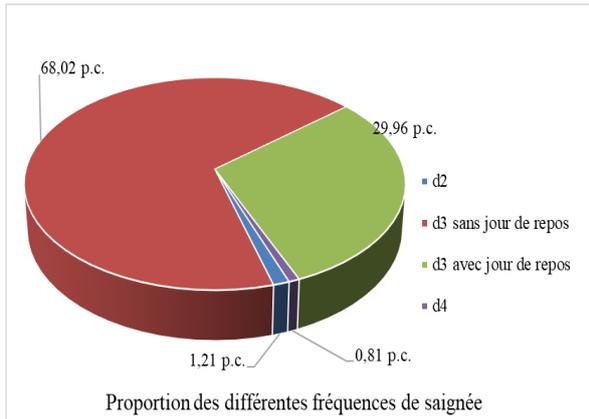


Figure 69 : fréquence de saignée

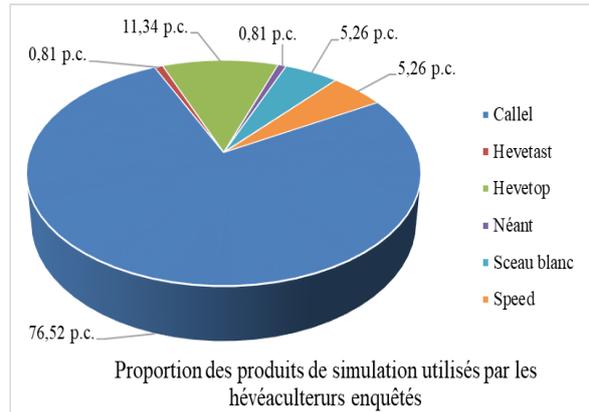


Figure 70 : produits de simulation

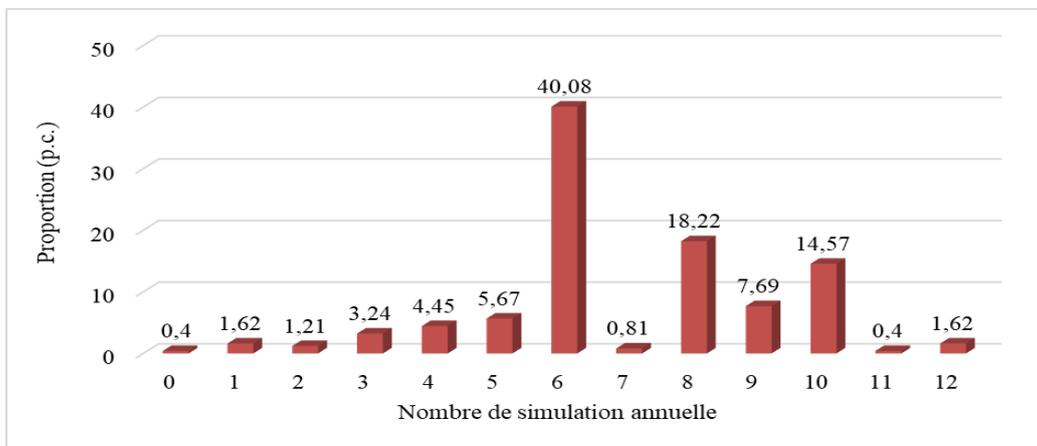


Figure 71 : répartition des fréquences de simulation

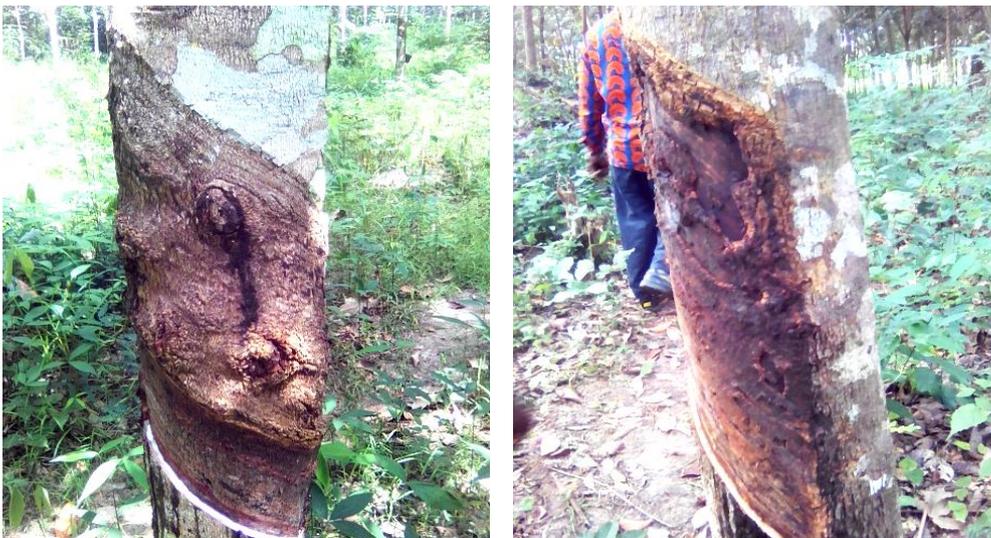


Figure 72 : Panneaux de saignée avec des bourrelets cicatriciels et des blessures béantes non soignées

Tableau IX : mesure de la profondeur de saignée (cm)

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	Moy	E.type
Début d'encoche (cm)	0,55	0,75	0,65	0,45	0,35	1,1	0,9	0,75	0,45	0,66	0,24
Milieu d'encoche (cm)	0,55	0,85	0,45	0,35	0,05	1,15	1	0,65	0,35	0,60	0,35
Fin d'encoche (cm)	0,55	0,2	0,65	0,2	0	0,8	0,9	0,55	0,45	0,48	0,30
Moyenne (cm)	0,55	0,6	0,58	0,33	0,13	1,02	0,93	0,65	0,42	0,58	0,28
Ecart type	0,00	0,35	0,12	0,13	0,19	0,19	0,06	0,1	0,06	0,09	

Légende : C = Champ

Tableau X : mesure de la consommation d'écorce (cm)

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	Moy	E.type
Début d'encoche (cm)	15,68	19,45	14,85	13,38	14,06	14,60	15,30	14,97	14,73	15,22	1,62
Milieu d'encoche (cm)	13,06	19,70	15,13	13,02	14,40	14,60	14,90	14,63	14,16	14,84	1,97
Fin d'encoche (cm)	14,85	20,75	14,85	13,93	16,93	14,90	15,10	15,30	14,59	15,69	2,06
Moyenne (cm)	14,53	19,97	14,94	13,44	15,13	14,70	15,10	14,97	14,49	15,25	1,84
Ecart type	1,34	0,69	0,16	0,46	1,57	0,17	0,20	0,33	0,30	0,43	

Légende : C = Champ

Tableau XI : répartition des blessures et état des panneaux de saignée par parcelle en production

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	Proportions moyennes (p.c.)
Proportion des blessures (p.c.)	50	100	90	20	100	30	20	50	80	60
Soin des blessures	NS	NS	S	S	S	NS	NS	NS	S	55.56 NS et 44.44 S
Etat du panneau	BBé	BBé, B	B	B	BBé, B	BBé	BBé	BBé	BBé, B	44.44 Bé, 33.33 Bé, B et 22.23 B

Légende : P = Parcelle ; NS = Non Soignée ; S = Soignée ; BBé = Blessure Béante ; B = Bourrelet

1.1.7. Contraintes liées au développement de l'hévéaculture dans la région

Trois types de contraintes sont liés au développement de l'hévéaculture dans la zone de l'Ouest (Tableau XII). Il s'agit ;

- des contraintes socio-économiques telles que la rareté de la main d'œuvre saigneurs et de soutien matériel et financier de la part des structures d'encadrement et de l'Etat et surtout la mévente du caoutchouc (Figures 73 et 74),
- des contraintes liées aux facteurs biotiques à savoir les ennemis des cultures comme les mauvaises herbes, les pathogènes et
- des contraintes liées aux facteurs abiotiques. La dernière contrainte traite du volet édaphique et environnemental.



Figure 73 : coagulum noirci au pied des hévéas lié à la mévente du caoutchouc



Figure 74 : arrêt de saignée dû à la mévente du caoutchouc

Tableau XII : contraintes liées au système de culture à base d'hévéa dans la région de Man

Nature des contraintes	Différentes contraintes
Contraintes socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de la main d'œuvre saigneurs - Manque de soutien matériel et financier de la part des structures d'encadrement et de l'Etat, - Déficit d'encadrement de planteurs et manque de formations et de sensibilisations - Baisse continue du prix d'achat du caoutchouc bord champ, - Difficile collecte du caoutchouc - , - Mévente du caoutchouc.
Contraintes liées aux facteurs biotiques	<ul style="list-style-type: none"> - Plantes adventices - Menace de pathogènes tels que le genre <i>Fomes</i> et les maladies de feuilles
Contraintes liées aux facteurs abiotiques	<ul style="list-style-type: none"> - Relief très accidenté occupe le tiers des terres cultivables - Sol peu profond dans les endroits où la cuirasse occupe le sous-sol et présence d'éléments grossiers (blocs rocheux et gravier) à la surface du sol - Feux de brousse en saison sèche

1.2. Discussion

1.2.1. Identification des hévéaculteurs

Les hévéaculteurs enquêtés sont à 97,26 p.c. autochtones. Ce taux est supérieur à celui obtenu par Ruf *et al.*, (2020) lors de leurs enquêtes concernant les cacaoculteurs de la Côte d'Ivoire qui sont à 80 p.c. autochtones. Ces chiffres montrent la supériorité des autochtones dans l'agriculture des cultures industrielles en Côte d'Ivoire. Cela corrobore les résultats des enquêtes de Djallo *et al.* (2017) pour le Programme d'appui au Secteur Agricole en Côte d'Ivoire (PSAC) dans le cadre de l'évaluation d'impact des subventions des plants d'hévéa dans le Sud, le Centre et le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Ces enquêtes ont révélé que 65 p.c. des bénéficiaires sont autochtones. Cette proportion élevée d'autochtones pourrait s'expliquer par l'occupation des terres sur une longue période par l'hévéaculture (40 à 50 ans). Ainsi, il est difficile de mettre en location ou de prêter la terre à une tierce personne pour un tel investissement. En outre, la faible disponibilité des terres liée au relief montagneux limite les transactions foncières (ANADER, 2014).

L'hévéaculture dans la zone d'étude est dominée par les hommes (93,28 p.c.). Les femmes ne représentent que 6,72 p.c. des hévéaculteurs. La proportion des femmes chef d'exploitation est plus importante dans le département de Danané avec un taux de 13,04 p.c.. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les hommes investissent plus dans les cultures industrielles, afin de disposer de ressources suffisantes pour faire face aux besoins familiaux car ils sont considérés comme chefs de famille. Ainsi, les femmes, en général, se consacrent aux cultures vivrières afin de contribuer aux besoins alimentaires familiaux et d'aider l'homme dans l'entretien des champs. Ce qui explique le fait que les femmes aient généralement des revenus faibles par rapport aux hommes (DSSPHMP, 2009). De plus, selon Ruf *et al.* (2020), sur la période 2015-2020, les femmes ont encore peu accès à la terre et au statut de planteur. En dépit de quelques mouvements d'émancipation, elles représentent moins de 6 p.c. des planteurs de cacao. Par ailleurs, Djallo *et al.* (2017) présentent un taux général de femme un peu plus élevé (24 p.c.) dans le secteur agricole du Sud, du Centre et du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Tout ceci ne fait que confirmer le fait que la gente féminine commence à s'adonner de plus en plus à la culture de l'hévéa.

L'âge des hévéaculteurs enquêtés varie de 20 à 83 ans. La moyenne d'âge est de 47 ans pour l'ensemble des enquêtés. Cette moyenne d'âge relativement élevée n'est pas spécifique à

l'hévéaculture. Elle est sensiblement proche de celle des exploitants agricoles de la région du Centre-Ouest qui est de 46 ans en moyenne (Bahan *et al.*, 2012 ; Assiri, 2007). Les cacaoculteurs de l'Afrique de l'Ouest et les producteurs d'anacarde du Bénin qui sont en moyenne âgés respectivement de 50 et 49 ans paraissent un peu plus âgés que les hévéaculteurs de l'Ouest de la Côte d'Ivoire (Balogoun *et al.*, 2014 ; ICCO 2014). Le fait que l'hévéaculture nécessite un lourd investissement et son long temps d'exploitation avec les terres de moins en moins disponibles, pourrait expliquer cette moyenne d'âge élevée. Les jeunes n'ont pas de terres ni de grands moyens. Cependant, le fait que Thierry (2005) ait affirmé que l'âge des hévéaculteurs du Cameroun varie de 28 à 72 ans pour une moyenne de 40 ans, révèle probablement que le contexte et le pays peuvent influencer sur l'âge des hévéaculteurs.

Les hévéaculteurs de la zone semi-montagneuse de l'Ouest de la Côte d'Ivoire ont majoritairement un niveau d'étude primaire (39,55 p.c.) excepté le département de Kouibly qui est dominé par les analphabètes avec un taux de 41,18 p.c. Ainsi, les enquêtes ont révélé 23,13 p.c. d'analphabète, 36,32 p.c. pour le niveau secondaire et 1 p.c. pour le niveau supérieur. En considérant « acceptable » un niveau d'instruction secondaire, 62,68 p.c. des hévéaculteurs ont un niveau d'instruction moins élevé. Cela est corroboré par les travaux de Djallo *et al.*, (2017) qui, sur cette même base, ont présenté un niveau d'instruction relativement bas de 60 p.c. des planteurs enquêtés dont 30 p.c. n'ont jamais fréquenté l'école. Selon Adjii (2017), 40,64 p.c. des cacaoculteurs des trois boucles du cacao en Côte d'Ivoire n'ont pas été scolarisés. Ce résultat a bien été montré par Assiri en 2009 lors de ses études dans la zone de production cacaoyère de Côte d'Ivoire. Ce faible niveau d'instruction et ce taux élevé d'alphabétisation seraient dû au fait que les paysans affirment que « la terre nourri son homme et donc pas besoin de faire des études pour assurer son indépendance financière ».

1.2.2. Motivation des enquêtés vis-à-vis de l'hévéaculture

La mensualisation des revenus évoquée dans 95,02 p.c. des cas est la motivation principale des hévéaculteurs de l'Ouest semi-montagneux de Côte d'Ivoire. Selon Djallo *et al.* (2017), la principale raison pour laquelle les planteurs cultivent l'hévéa est liée au revenu que celui-ci procure. Lors de ses enquêtes dans le Sud, le Centre et le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, près 79 p.c. des planteurs ont déclaré cultiver l'hévéa car l'on en tire un revenu sur une longue période. Cette affirmation est entérinée par les hévéaculteurs de Dabou qui attestent que malgré la chute du prix du caoutchouc bord champ, rien ne peut remplacer

l'hévéaculture qui apporte de l'argent chaque mois (Akmel, 2018). Plusieurs planteurs s'investissent davantage dans cette activité, parce qu'ils ne regrettent pas leur reconversion dans cette culture (Djallo *et al.*, 2017 et Akmel, 2018). L'hévéaculture constitue une stratégie de lutte contre le chômage et la pauvreté. Selon Kéli *et al.*, (2005b), l'hévéaculture joue un rôle socio-économique important. Aussi, le caoutchouc naturel est-il aujourd'hui incontournable (CIRAD, 1997). De plus, l'hévéa peut être exploité comme bois d'œuvre car son produit fini est de haute valeur et très prisé à l'instar du teck (Killmann & Hong, 2000). Par ailleurs, l'hévéaculture constitue un atout agro-écologique majeur avec son aspect d'écosystème de forêt secondaire susceptible de freiner la dégradation de l'environnement. Aussi, les cultures associées à l'hévéa font-elle de sa pratique un système agroforestier (Obouayeba *et al.*, 2016a).

1.2.3. Ressources des hévéaculteurs de l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire

Les chiffres révèlent que 35,32 p.c. des exploitants ne disposent pas de réserves. Le manque de réserve foncière corrobore les observations sur le recul des massifs forestiers en Côte d'Ivoire. Cette situation a entraîné une forte pression sur les reliques de terres agricoles entraînant leur appauvrissement (Kéli *et al.*, 2005b ; Koko *et al.*, 2009). Les surfaces forestières qui se chiffraient à 15 millions d'ha dans les années 1900 (SODEFOR, 1996) ne représentaient que 2 millions d'ha en 2007 (FAO, 2007). La superficie moyenne de réserve foncière est de 4,06 ha. Selon Thierry (2005), l'existence de réserves foncières (non cultivées) peut indiquer la capacité et l'intention du chef d'exploitation, à mener des projets d'extension de ses surfaces cultivées. Ainsi, l'hévéaculture pourrait avoir un avenir plus prometteur à Biankouma par rapport aux autres départements de la zone d'étude.

L'héritage, l'achat, le don et la location sont les quatre modes d'acquisition du foncier. Plus de 3 paysans sur 4 ont hérité des terres (79,6 p.c.). Ces mêmes proportions d'acquisition sont confirmées par Djallo *et al.* (2017) lors de leurs enquêtes pour le compte du PSAC. Ce résultat est également attesté par Kouamé (2014) qui affirme que 75 p.c. des hévéaculteurs de Songon ont hérité des parcelles. Ces statistiques ne sont pas particulières à l'hévéa du fait que Ruf (2020) affirme que la majorité des planteurs ont hérité de leurs superficies cacaoyères. Adji, en 2017, lors de l'analyse des caractéristiques agronomiques des cacaoyères a montré que l'héritage est le mode d'acquisition principal des terres. Ces résultats montrent que l'agriculture pérenne demeure une activité familiale où les exploitations sont cédées en

héritage (Ruf, 2020). Ce fait pourrait s'expliquer par l'immobilisation de ces terres par ces cultures pérennes.

Pour la mise en place de la culture, tous les hévéaculteurs utilisent une main d'œuvre contractuelle. Mais, pour l'entretien des parcelles, ils utilisent aussi bien la main d'œuvre familiale que la main d'œuvre occasionnelle. Ce résultat entérine celui de Djallo *et al.*, (2017) qui affirment que 62 p.c. des planteurs déclarent avoir utilisé de la main-d'œuvre non familiale pour les travaux de débroussaillage, de mise en terre et d'entretien de leurs plantations d'hévéa. Parfois, les exploitants hévéicoles font louer les interlignes à d'autres paysans pour y cultiver du vivrier. Cette dernière option a été le fait de 23,23 p.c. des hévéaculteurs de la zone d'étude. Les activités agricoles de ces particuliers contribuent à la propreté du champ. Selon Kouamé (2014), ce même système est employé à Songon où le propriétaire profite de la récolte mais aussi des travaux de défrichage et d'entretien fournis par le manœuvre. Selon Djallo *et al.*, (2017), pour la récolte de la production de l'hévéa, la main-d'œuvre non familiale est moins utilisée (39 p.c.).

La réduction des espaces cultivables par le relief inadéquat et l'augmentation de la population urbaine pourraient justifier le fait que la grande majorité (77,11 p.c.) des hévéaculteurs ait un seul champ d'hévéa. Aussi, les enquêtes ont-elles révélé que 79 p.c. des hévéaculteurs ont hérité du foncier qu'ils utilisent pour leur système de production. Ces paysans pourraient être circonscrits à leur seul espace.

1.2.4. Système de production

La polyculture pérenne est pratiquée par 76,87 p.c. des planteurs. Selon Djallo *et al.*, (2017), plus de 60 p.c. des ménages ayant bénéficié du PSAC pratiquent de la polyculture pérenne. Les cultures de rente sont donc de loin les cultures les plus pratiquées par les ménages des planteurs. Cet intérêt élevé pour les cultures pérennes serait dû aux profits qu'elles engendrent. La superficie moyenne des cultures pérennes autres que l'hévéa est de 3,18 ha. Cette moyenne confirme celle d'Adji (2017). Selon lui, les caractéristiques des vergers cacaoyers ont montré que la superficie moyenne des exploitations par producteur est de 3,39 ha. Cependant, cette moyenne a diminué et est nettement inférieure à 6,3 ha, enregistrée par Assiri *et al.*, (2009) et à 8 ha enregistrée par Ruf (1999). Cette baisse des superficies serait dû à la réduction du foncier et à l'augmentation de la population.

L'agriculture vivrière est pratiquée par 74,63 p.c. des enquêtés. La superficie moyenne de 1,67 ha, est inférieure à celle des cultures pérennes. Cependant, l'agriculture vivrière

associée à l'agriculture pérenne pourrait contribuer à réduire le niveau de la pauvreté en milieu rural, et constituer un facteur essentiel de la relance de l'économie nationale.

Les enquêtes révèlent que l'orientation vers l'hévéaculture n'exclut pas la présence des autres cultures pérennes notamment le café, le cacao, le palmier à huile, l'anacarde et le cola. La superficie totale des exploitations des hévéaculteurs enquêtés dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire est de 2758,12 ha. La superficie moyenne des exploitations est de 6,86 ha par paysan. Les exploitations n'ayant que l'hévéa comme culture d'exportation représentent 23,13 p.c. des cas. Ce taux est inférieur à celui du Cameroun où dans 30 p.c. des cas, l'hévéa constitue l'unique culture de rente du système de production (Thierry, 2005). La superficie occupée par la culture de l'hévéa dans ce système de production est de 1268,69 ha. L'hévéaculture occupe ainsi 46 p.c. des surfaces d'exploitation de la région semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire. Le café et le cacao occupent respectivement 26,44 p.c. et 15,26 p.c.. Ces proportions des superficies hévéicoles dans les systèmes de production de la région semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire pourraient faire considérer l'hévéa comme une culture de substitution aux anciennes cultures.

1.2.5. Période d'introduction et superficie des parcelles d'hévéa

Les parcelles prospectées ont été établies entre 1990 et 2019. Ainsi, l'âge du verger hévéicole de la région semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire est compris entre 1 et 30 ans. L'âge moyen des champs est de 8 ans en 2019. Par contre, selon Adjé (2017), l'âge des cacaoyères prospectées, lors de ses enquêtes dans la boucle du cacao ivoirien, varie de 1 à 83 ans avec une moyenne de 23 ans. Cette moyenne d'âge des cacaoyères corroborée par celle de Koné (2013) montre que la cacaoyère ivoirienne est caractérisée par des plantations matures, vieillissantes et peu productives nécessitant une régénération (Assiri et *al.*, 2009). Vu son jeune âge, cette démonstration pourrait montrer que l'hévéaculture a un avenir prometteur dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire dans la mesure où sa durée d'exploitation est estimée à environ 35 ans. Aussi, les deux premiers champs ont-ils été implantés en 1990 à Man et Biankouma. Ces créations ont été suivies de deux autres parcelles mises en place en 1997 à Danané. La grande vague d'implantation se situe entre 2007 et 2015 avec 84 p.c. de création de champs. Cela serait dû au prix du kilogramme de caoutchouc qui a connu une hausse de 2008 à 2010. Il est passé de trois cent soixante-quinze (375) FCFA à mille (1 000) FCFA. Selon Akmel (2018), cette politique étatique vise à encourager les acteurs, afin qu'ils s'impliquent davantage dans la production hévéicole.

La superficie hévéicole totale enquêtée est de 1268,69 ha. Ces surfaces varient de 0,33 à 20 ha avec une moyenne de 2,41 ha. Cette superficie moyenne par exploitant est inférieure à celle de la Sous-préfecture de Songon qui est de 3,91 ha et plus grand que celle du Cameroun qui est de 2,94 ha (Ruf, 2013 ; Kouamé, 2014). La majorité (73,77 p.c.) des hévéaculteurs a des parcelles de moins de 3 ha. Ce constat pourrait s'expliquer par la présence de massifs rocheux, qui occupent le tiers de la zone d'étude et qui réduisent considérablement la superficie des terres cultivables. La croissance démographique pourrait-elle aussi avoir un impact sur la taille des parcelles (Keli, 2009). Selon Koua *et al.*, (2018), la taille des plantations de cacao dans les départements d'Abengourou, Divo et Soubré sont majorées par les plantations de 2-5 ha (51 p.c.). Ces résultats montrent que les cultures pérennes sont toujours l'affaire des « petits planteurs » (ICCO, 2015). Cette faible proportion des surfaces cultivables serait sans doute liée à la non mécanisation de l'agriculture ivoirienne. La petite taille des vergers pourrait également s'expliquer par la saturation foncière et l'épuisement des réserves forestières du pays (Ruf & Allangba, 2001 ; FAO, 2007 ; Aka *et al.*, 2013).

1.2.6. Conduite des plantations

Lors des enquêtes, quatre (04) précédents culturels ont été observés. Il s'agit des jachères, du café, de la forêt et des cultures. Les parcelles d'hévéa visitées ont été installées sur un précédent dominé à 45,63 p.c. par la culture du café. Cela montre que l'hévéa est en phase de substitution au café. La substitution de l'hévéa à d'autres cultures d'exportation a également été révélée par des enquêtes dans la région de Dabou en Côte d'Ivoire (Akmel, 2016). Le phénomène de substitution des plantations d'hévéa aux vieilles cacaoyères ou caféières n'est pas nouveau (Ruf, 2009). Le développement de l'hévéaculture s'est fait au dépend des autres cultures pérennes à Songon et principalement du palmier à huile. Aussi, 12 p.c. des exploitants ont-ils remplacé les exploitations de cacao et de café par l'hévéa (Kouamé, 2014). La petite taille des plantations de cacao dans les départements d'Abengourou, Divo et Soubré serait liée à des abandons et de la reconversion de certaines vieilles cacaoyères en plantations de palmier à huile et d'hévéa (Ruf & Allangba, 2001 ; Kassin, 2009). Les blocages fonciers et l'intérêt grandissant de l'hévéaculture pourraient rendre compte de cette tendance. Le tiers des exploitants principalement des jeunes n'a pas de réserves foncières. Le bas pourcentage du précédent forêt corrobore les observations sur le recul des massifs forestiers en Côte d'Ivoire. Les surfaces forestières qui se chiffraient à 15 millions d'ha dans les années 1900 (SODEFOR, 1996) ne représentaient que 2 millions d'ha en 2007 (FAO, 2007).

GT 1 qui est le clone le plus utilisé, est présent dans 97,34 p.c. des parcelles visitées. Ce résultat est corroboré par Ruf (2013) qui a affirmé que selon les déclarations, 80 p.c. des planteurs ont au moins une partie de leur première parcelle fait avec du GT1. En nombre d'arbres, le pourcentage de GT1 reste autour de 75 p.c.. Les mélanges de clones, n'ayant pas les mêmes profils physiologiques et soumis au même système d'exploitation, peuvent entraîner des conséquences irréversibles sur la productivité des arbres et la durée d'exploitation (Koffi *et al.*, 2004). L'on peut se trouver selon le cas dans des situations de sous-exploitation ou de surexploitation pouvant conduire à des phénomènes d'encoche sèche. Gnagne *et al.* (2016a), ont observé les mélanges clonaux dans une étude sur l'identification clonale en jardin à bois de greffe (JBG) et au champ en Côte d'Ivoire. Ce phénomène de mélange de matériel a été observé en cacaoculture. Ainsi, selon Adji (2017), le matériel végétal d'origine non maîtrisé, communément appelé variété « tout venant » est le plus rencontré (70,43 p.c.) en cacaoculture ivoirienne. Selon Assiri (2003), le choix de ce matériel est motivé par deux principales raisons. Il s'agit de sa disponibilité à proximité du producteur et de son coût d'acquisition faible. L'intérêt à l'égard du GT 1 a été longtemps démontré (Penot, 2001 ; Obouayeba *et al.*, 2016b). Il est le seul parmi les clones de première génération qui fasse partie des recommandations actuelles et qui est considéré comme le meilleur porte greffe.

La majorité des planteurs (81,89 p.c.) respectent les recommandations de la recherche qui préconisent des densités situées entre 510 et 666 arbres/ha en culture pure et en association avec les vivriers (Obouayeba *et al.*, 2006). Cependant, il apparaît que les densités observées sont anormalement élevées. Ce qui induit et aggrave nécessairement des risques de compétition, entre arbres, pour les facteurs de croissance et de développement. La durabilité de ces vergers peut être ainsi compromise. Ces anomalies seraient peut-être dues à la méconnaissance de l'hévéaculture dans la zone. Selon les paysans ayant ces fortes densités, une augmentation de la densité d'arbre entraîne une augmentation du rendement à l'hectare. Ceci n'est pas avéré et serait un sérieux handicap à une bonne productivité en caoutchouc de la plantation (Obouayeba *et al.*, 2005).

Les systèmes de culture pratiqués portent, dans 67,87 p.c. des cas, sur des cultures associées. Ce taux est supérieur à celui du Cameroun et inférieur à celui de la Sous-préfecture de Songon (Côte d'Ivoire) qui est respectivement de 50 p.c. et de 85,43 p.c. des exploitants enquêtés (Thierry, 2005, Kouamé, 2014). L'association culturelle pourrait permettre la

diversification de la production et des sources de revenus. Cependant, selon les paysans enquêtés, l'association culturale dans la région semi montagneuse de la Côte d'Ivoire est motivée par l'entretien simultané des cultures associées (48,61 p.c.) et le manque de terre (44,44 p.c.). Les avantages de cette pratique d'association des cultures annuelles aux arbres, peuvent inclure la sécurité alimentaire pour les ménages, le revenu généré de la vente des deux produits et le contrôle des mauvaises herbes (Balogoun *et al.*, 2014). Selon Kouamé (2014), pour combler l'insuffisance de terre, les populations pratiquent l'association de culture. La durée des associations avec l'hévéa varie de deux (02) à dix (10) années, selon la spéculation. En effet, pendant la longue période d'immaturité de l'hévéa (6 ans), les producteurs font des associations pour assurer la sécurité alimentaire pendant cette période, créer des sources de revenus et mettre en œuvre des techniques culturales susceptibles d'aider à l'entretien de l'hévéa. De plus, les cultures associées apportent de la matière organique au sol à travers la décomposition des résidus de récolte. La monoculture avec la légumineuse comme plante de couverture (souvent *Pueraria*) entre les lignes d'hévéa est une pratique satisfaisante sur le plan agronomique grâce à la lutte contre l'érosion et les adventices, à l'apport d'azote et au maintien de l'humidité (IRRDB, 1996). L'espèce *Hévéa brasiliensis* est en réalité cultivée en association avec d'autres espèces domestiquées telles que les légumineuses de couverture (*Pueraria phaseoloides*, *Centrosema pubescens*, etc.), les espèces vivrières et industrielles (Obouayeba *et al.*, 2016a). Au Cameroun et en Côte d'Ivoire (Obouayeba, 1991 ; 1992 ; Keli *et al.*, 1992), les hévéaculteurs utilisent les interlignes durant les 3 premières années comme parcelle vivrière. Les cultures mises en place sur la totalité de la jeune parcelle, assurent une valorisation du foncier tout en garantissant un entretien de l'interligne bénéfique au développement des jeunes plants d'hévéa. Les cultures pratiquées dépendent des habitudes alimentaires du chef d'exploitation et de sa famille. Des variations peuvent exister en fonction de l'ethnie d'appartenance. Il s'agit généralement de mélange d'espèces comprenant du plantain, du maïs, du macabo, de l'arachide, de la pistache, de l'igname et de la patate douce (Thierry, 2005). Les associations à base d'hévéa dans l'Ouest semi-montagneux ont mis à contribution onze (11) spéculations dont sept (7) vivrières et cinq (5) d'exportation. Ces associations sont avec une culture dans 45,10 p.c. des cas et avec une combinaison de cultures dans 54,90 p.c. des associations. Les cultures vivrières associées répondent aux besoins d'autoconsommation des planteurs et/ou de commercialisation (Kéli *et al.*, 2006). Ainsi, les cultures vivrières (Arachide, Riz, Manioc, Igname, Haricot, Plantain et Maïs) sont associées à l'hévéa dans 86,83 p.c. des cas. A Songon, 48,27 p.c. des parcelles de

cultures vivrières (maïs, igname, légume) et principalement le manioc ont été également plantés avec l'hévéa dans ces deux localités (Kouamé, 2014). Cela confirme que l'association culturale pourrait être motivée par la sécurité alimentaire quoique n'étant pas cité par les hévéaculteurs enquêtés dans notre zone d'étude. Ainsi le choix de la culture associée est fait en fonction de la zone. Les cultures les plus associées à l'hévéa dans l'ouest de la Côte d'Ivoire sont le maïs (58,82 p.c. des associations) et le riz (49,86 p.c. des associations). Cela est corroboré par le fait que 73,25 p.c. des planteurs pratique l'association dans l'objectif de consommer directement le produit de la récolte. Le riz et le maïs dominent donc les associations à Man. Tandis que, le manioc l'un des aliments de base dans la région n'est pas associé à l'hévéa, sans doute par crainte de la propagation du pourridié des racines causé par le genre *Fomes*. En effet, le manioc constitue un vecteur de cette maladie. Aussi, l'association hévéa-manioc a-t-elle été longtemps déconseillée. Mais, les récents travaux du CNRA, menés par Boko en 2012, ont montré la possibilité de conduire une telle association culturale. Le manioc doit être planté à une distance d'au moins 1,5 m de la ligne d'hévéa. Par ailleurs, il a été observé que les cultures vivrières associées à l'hévéa étaient semées ou plantées en vrac, ne respectant pas les recommandations techniques de la recherche. Dans les associations à l'hévéa, les cultures vivrières sont disposées en vrac dans les interlignes des arbres. Les cultures d'exportation (Ananas, Café, Cacao et Cola), sont associées à l'hévéa dans 7,56 p.c. des cas. Les combinaisons vivriers-pérennes sont associées à l'hévéa dans 5,6 p.c. de ces associations. Ces associations ne sont pas permanentes car elles ne durent que 5 ans. L'hévéa est destiné à remplacer la culture associée comme c'est le cas au Brésil où les associations hévéa-café ne durent qu'une dizaine d'année (Penot & Ollivier, 2009). L'hévéa peut être associé à des fruitiers et espèces forestières ; cas des Philippines, de la Malaisie, de la Thaïlande, du Brésil ; au thé ; cas de la Chine ; au rotin ; cas de la Malaisie et des Philippines ; et au cacaoyer ; cas de la Côte d'Ivoire, du Gabon, du Brésil et du Vietnam (Ruf *et al.*, 2006 ; Penot & Ollivier, 2009).

Diverses maladies attaquent l'hévéa depuis les racines jusqu'aux feuilles. Parmi ces maladies de l'hévéa figure la pourriture des racines qui est la maladie la plus grave et la plus répandue. La pourriture brune qui due au *Fomes sp.* est la maladie la plus répandue dans l'ouest de la Côte d'Ivoire. Selon Wahounou *et al.* (2013), le genre *Fomes* peut entraîner la mort de plus de 60 p.c. des plants d'hévéa d'une parcelle attaquée dans le cas où elle n'est pas traitée. Par ailleurs, des détériorations à la fois de l'écorce et de la couche externe du bois présentant des écoulements de latex font penser à la présence de chancre du tronc dans

certaines champs. Les symptômes des chancres en taches dus à *Phytophthora palmivora* (Butler) ou à *Phytium vexans* de Bary s'apparentent à la maladie décrite ici par des fissures dans l'écorce provoquant l'écoulement du latex (Zeng *et al.*, 2005). Les mêmes symptômes ont été observés par Dibi *et al.*, (2009) lors de leur étude sur le clone PB 260 au Sud-est de la Côte d'Ivoire. Selon leurs observations, la maladie se manifeste par l'apparition des craquelures dans l'écorce plus généralement localisées vers le collet et la base des troncs avec écoulement plus ou moins abondant de latex sur le tronc ou sur le sol. Des craquelures sont également observées au niveau des branches, spécialement à leur point d'insertion sur le tronc ou sur une autre branche. Le latex est parfois projeté loin de l'arbre après éclatement de l'écorce.

Les enquêtes ont également montré que la profondeur de saignée dans l'ensemble varie de 0,13 à 1,02 mm du cambium avec une moyenne de 0,58 mm. Cette moyenne est inférieure à la profondeur, de 1 mm du cambium, que préconise la recherche. La saignée est donc profonde et par conséquent il y a risque de blessures. Ceci explique probablement le fait que 60 p.c. des arbres en saignée soient blessés. Par ailleurs, 55,56 p.c. de ces blessures ne sont pas soignés. Ces observations nous ramènent toujours au manque de formations et d'expérience des saigneurs. En outre, aucune école de saignée de proximité n'a été observée. Par contre, le bon rendement d'une plantation demande une main d'œuvre saigneur suffisante, stable et qualifiée. Parmi les principaux maux qui minent l'hévéaculture, on peut noter l'insuffisance de saigneurs qualifiés et l'instabilité de ceux-ci (Soumahin, 2010). Les quelques rares saigneurs ont très souvent plusieurs champs à saigner. Leur rémunération se fait au poids de caoutchouc récolté. Soucieux de récolter le plus possible de caoutchouc afin d'augmenter leur revenu, ils peuvent stimuler excessivement les arbres et/ou saigner maladroitement. Ce qui va provoquer des blessures sur les panneaux. Les blessures non soignées, béantes ou occasionnant des bourrelets cicatriciels, compromettent la saignée sur écorce régénérée (Okoma *et al.*, 2011). De telles pratiques peuvent en effet augmenter de façon momentanée la production de caoutchouc, mais sont préjudiciables à l'état sanitaire des arbres et à leur productivité future (Soumahin, 2010). La consommation d'écorce, quant à elle, varie, pour l'ensemble des parcelles visitées, de 13,44 à 19,97 cm avec une moyenne de 15,25 cm. Cette moyenne correspond sensiblement à la consommation d'écorce de 15 cm/an que préconise la recherche (Compagnon, 1986, Soumahin, 2010, Okoma *et al.*, 2011, Attobra *et al.*, 2013b).

Conclusion partielle

L'objectif de ce chapitre est de diagnostiquer la place de l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Il est ressorti de l'enquête, à questionnaire ouvert, que les hévéaculteurs enquêtés sont majoritairement des autochtones de sexe masculin et relativement âgés. Ils sont aussi de diverses catégories sociales et motivés généralement par les revenus mensuels que procure l'hévéa. L'hévéaculture occupe 46 p.c. des surfaces exploitables de la région semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire avec précédent cultural dominant, le café (45,63 p.c.). L'hévéa est cultivé en association dans 67,87 p.c. des cas. Les associations sont faites majoritairement avec les vivriers (86,83 p.c.) comme le maïs présent dans 58,82 p.c. des associations et le riz dans 49,86 p.c. des associations. Les parcelles d'hévéa, généralement de petite taille, (2,41 ha) sont plantées avec du matériel végétal en mélange clonal dominé par le GT 1 (97,34 p.c.) et à bonne densité. Les jauges sont les plus utilisés. La majorité des champs est dans un état moyennement propre à sale. Le pourridié des racines causé par le genre *Fomes* est la seule maladie connue des hévéaculteurs. Le contrôle de la qualité de saignée a révélé que la saignée est profonde avec un taux élevé de blessures souvent non soignées. Ce qui compromet la saignée sur écorce régénérée et la durabilité du verger. Par contre, la consommation d'écorce est bonne. Les contraintes majeures liées à l'hévéaculture à Man sont la baisse du prix du caoutchouc, la vente difficile du caoutchouc récolté, la pression foncière et le déficit d'encadrement.

CHAPITRE II : PERFORMANCES AGRONOMIQUES DE L'ASSOCIATION HÉVÉA-CAFÉIER

Introduction partielle

La propagation de l'hévéa dans l'Ouest de notre pays, qui est une zone caféière déjà confrontée à une saturation foncière a engendré une concurrence avec le café. Ce travail dont nous rendons compte, se veut de proposer une solution à cette concurrence. Au vue de ce qui précède, l'hypothèse suivante a été formulée : l'association rationnelle hévéa-café pourrait être un facteur de stabilisation de ces cultures. Ainsi, à travers une expérimentation, les performances agronomiques de l'association hévéa-café ont été évaluées. La collecte et l'analyse des différentes données ont permis d'obtenir des résultats qui ont fait l'objet de discussion dans ce présent chapitre.

2.1. Résultats

2.1.1. Performances agronomiques du caféier

2.1.1.1. Relevé d'existence des cafés

Les analyses statistiques ont montré que le nombre de caféiers vivants (NCV) ainsi que la proportion de caféiers morts (PCM) présentent une différence significative d'un traitement à l'autre. Le traitement 5 (café pur) présente le taux de mortalité le plus important (20,41 p.c.). Le taux de mortalité le moins important est observé dans le traitement avec les hévéas séparés de 33 m (T 1). La PCM est statistiquement égale pour les traitements 2 et 3. Durant les trois années de relevé d'existence des caféiers, les taux de mortalités maxima ont été observés dans le traitement 5 et les taux minima dans le traitement 1. En ce qui concerne l'équivalence en Culture Pure (ECP), il est de 85,55 p.c. pour le traitement 1 soit une hausse de 23,28 p.c. Ces mêmes résultats sont confirmés par les traitements 2 et 3 qui enregistrent respectivement une augmentation de 20,46 p.c. et 9,51 p.c. (Tableaux XIII et XIV).

Tableau XIII : pourcentage des caféiers morts en fonction des traitements

Traitements	PCM (p.c.)			
	APC1	APC2	APC3	MOY
Hévée 33 m (T 1)	14,38 ± 0,52 c	1,23 ± 1,05 c	4,03 ± 0,35 c	6,55 ± 0,61 c
Hévée 16 m (T 2)	21,49 ± 0,88 a	3,95 ± 0,44 b	9,87 ± 0,44 ab	11,69 ± 0,55 b
Hévée 11m (T 3)	17,97 ± 1,11 b	4,82 ± 0,00 b	9,21 ± 0,88 b	10,75 ± 0,87 b
Café pur (T 5)	22,21 ± 0,77 a	28,5 ± 0,00 a	10,52 ± 0,12 a	20,41 ± 0,26 a
Moy	19,01 ± 3,33	9,62 ± 11,47	8,41 ± 2,72	12,35 ± 5,29
F	54,037	1117,602	95,084	268,342
P	0,000012	0,000000	0,000001	0,000000

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.

APC : Année de Production Caféière

PCM : Proportion de Caféier Mort

T1, T2 et T3 : Traitement avec les doubles ligne d'hévée séparées respectivement de 33, 16 et 11 m

T5 : Traitement avec le café en culture pure

Tableau XIV : équivalence en culture en pure (ECP) du relevé d'existence (RE)

Trait	NCV	ECP (p.c.) RE	ECP (p.c.) d'origine	év. ECP (p.c.)
Hévée 33 m (T 1)	529 ± 38,57 a	85,55	62,27	23,28
Hévée 16 m (T 2)	405 ± 39,61 b	65,50	45,01	20,49
Hévée 11m (T 3)	411,3 ± 29,56 b	66,52	57,01	9,51
Café pur (T 5)	618,33 ± 72,26 a	100	100	

év : évolution

NCV : Nombre de Caféier Vivant

év. ECP : évolution de l'Equivalence en Culture Pure

2.1.1.2. Production caféière

2.1.1.2.1. Production en kg par ligne de caféier et en kg par traitement

L'analyse de variance de la production caféière en kg/ligne montre une différence significative entre les traitements. Les rendements varient de 102,66 kg/ligne (traitement 3) à 187,47 kg/ligne (traitement 1). La production de café en kg/trait présente également une différence significative d'un traitement à un autre. L'ordre d'importance de la production par ligne est comme suit : T1 > T2 > T5 > T3. Le traitement 5 présente la plus

forte production de café avec 947,44 kg/trait, alors que la plus faible a été obtenue par le traitement 3 avec 252,87 kg/trait. Les productions des traitements 1 et 2 sont respectivement de 876,36 et 374,91 kg/trait (Tableau XV).

2.1.1.2.2. Production en kg/ha

La production moyenne de café en kg/ha, diffère d'un traitement à l'autre selon l'analyse de variance. Elle varie de 404,59 à 1616,47 kg/ha (Tableau XV). Durant les trois premières années de récolte, la production de T1 est significativement supérieure à celle des trois autres traitements. Cette production atteint son pic à la troisième année tout comme celle du traitement 2. A partir de la troisième année de production, le rendement de T3 devient inférieur à ceux des autres traitements (Figure 75). Le café est recepé après la cinquième année de production. Après le recepage, la production caféière diminue considérablement pour le traitement 2 et s'annule pour le traitement 3. Quant aux traitements 1 et 5, leurs productions reprennent de plus belle. Cette production est dominée par celle du traitement café pur. Les courbes de prévision linéaire des traitements 2 et 3 sont décroissantes. Celles des traitements 1 et 5 sont respectivement croissante et fortement croissante. L'équivalence en culture pure (ECP) du traitement 1 est de 106,63 p.c. soit une augmentation de 44,36 p.c. de l'état initial (62,27 p.c.). quant aux traitements 2 et 3, l'ECP est respectivement de 39,57 p.c. et 26,69 p.c. soit une baisse respective de 5,44 p.c. et 30,32 p.c (Tableau XVI). Ainsi les caféiers associés à des doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m (T1) produisent autant à l'hectare que ceux en culture pure (T5). La production de café associé à des doubles lignes d'hévéa distantes de 16 m (T2) ou de 11 m (T3) est significativement plus faible et nulle après 5 ans. Par contre, dans le système avec doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m (T1), la production de café peut être obtenue bien au-delà des 5 ans.

Tableau XV : production des caféiers suivant les traitements

Traitements	kg/trait	kg/ligne	kg/ha
Hévéa 33 m (T 1)	876,36 ± 1,32 b	187,47 ± 0,59 a	1616,47 ± 2,11 a
Hévéa 16 m (T 2)	374,91 ± 0,32 c	136,40 ± 0,40 b	599,85 ± 0,51 c
Hévéa 11m (T 3)	252,87 ± 0,51 d	102,66 ± 0,34 d	404,59 ± 0,82 d
Café pur (T 5)	947,44 ± 1,49 a	126,10 ± 0,09 c	1515,91 ± 2,38 b
<i>F</i>	339690	40504	417247
<i>P</i>	0,00	0,00	0,00

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.

kg/trait : kilogramme par traitement

Tableau XVI : équivalence en culture en pure (ECP) de la production

Trait	kg/ha	ECP (p.c.) Production	ECP (p.c.) d'origine	év. ECP (p.c.)
Hévéa 33 m (T 1)	1616,47 ± 2,11 a	106,63	62,27	44,36
Hévéa 16 m (T 2)	599,85 ± 0,51 c	39,57	45,01	-5,44
Hévéa 11m (T 3)	404,59 ± 0,82 d	26,69	57,01	-30,32
Café pur (T 5)	1515,91 ± 2,38 b	100	100	

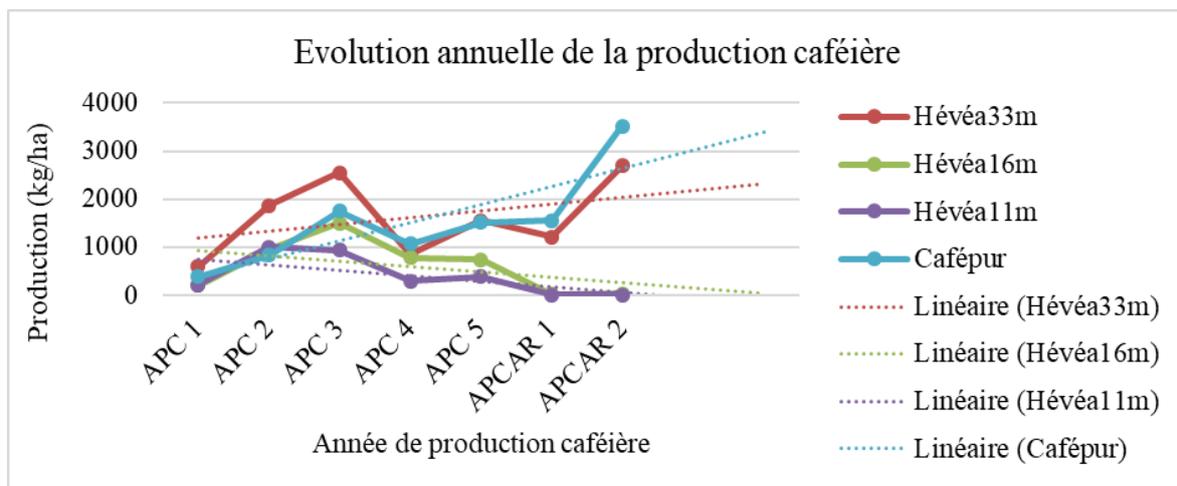


Figure 75 : évolution de la production caféière en Kg/Ha

APC : Année de Production Caféière

APCAR : Année de Production Caféière Après Recépage

2.1.2. Performances agronomiques de l'hévéa

2.1.2.1. Relevé d'existence des hévéas immatures

Le taux d'hévéa vivants (THV) ne présente aucune différence significative entre les traitements à l'exception du Traitement 2. Ces traitements montrent dans l'ensemble 93 p.c. d'arbres vivants. Le traitement T2, qui diffère significativement des autres, a un taux d'existence de 96,09 p.c., présente de ce fait le plus faible taux de mortalité. Les nombres d'hévéas plantés (NHP), vivants (NHV) et morts (NHM) sont consignés dans le tableau XVII.

Tableau XVII : évaluation du taux de survie des hévéas immatures

Traitement	NHP	NHV	NHM	THV (p.c.)	THM (p.c.)
Hévéa 33 m (T 1)	136	127,70	8,30	93,9 ± 1,55 b	6,10 ± 1,55 a
Hévéa 16 m (T 2)	238	228,70	9,30	96,09 ± 0,51 a	3,91 ± 0,51 b
Hévéa 11m (T 3)	306	286,10	19,90	93,5 ± 0,66 b	6,50 ± 0,66 a
Hévéa pur (T 4)	306	286	20,00	93,46 ± 0,33 b	6,54 ± 0,33 a
Moyenne	246,50	232,13	14,38	94,24 ± 1,37	5,76 ± 1,37
<i>F</i>				5,9	5,8990
<i>P</i>				0,020022	0,020022

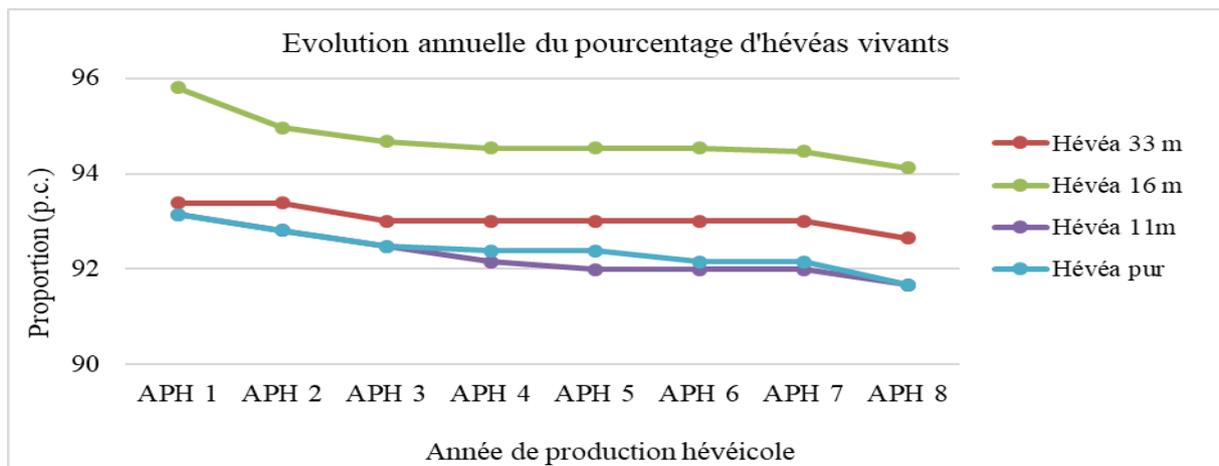
Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.

NHP : nombres d'hévéas plantés NHV : nombres d'hévéas vivants NHM : nombres d'hévéas morts

THV : Taux d'hévéas vivants THM : Taux d'hévéas morts

2.1.2.2. Relevé d'existence des hévéas matures

Les analyses statistiques ont montré que les proportions d'hévéas vivants (PHV), d'hévéa en saigné (PHS) n'ont significativement pas varié à l'exception du traitement 2, qui diffère des trois autres significativement identiques. La proportion d'hévéa avec encoche sèche (PHES) est statistiquement égale pour les traitements. Durant la phase de maturité de l'hévéa, le taux le plus important d'arbres vivants est observé dans le traitement 2 (Figure 76). La courbe de variation du pourcentage d'arbre en saigné présente la même allure pour tous les traitements. Durant les trois premières campagnes le taux d'arbres saignés augmente puis devient par la suite stationnaire lorsque tous les arbres vivants ont été mis en saignée (Figure 77). L'ensemble des résultats est consigné dans le tableau (Tableau XVIII).



APH : Année de Production de l'Hévéa

Figure 76 : évolution du pourcentage d'arbres vivants

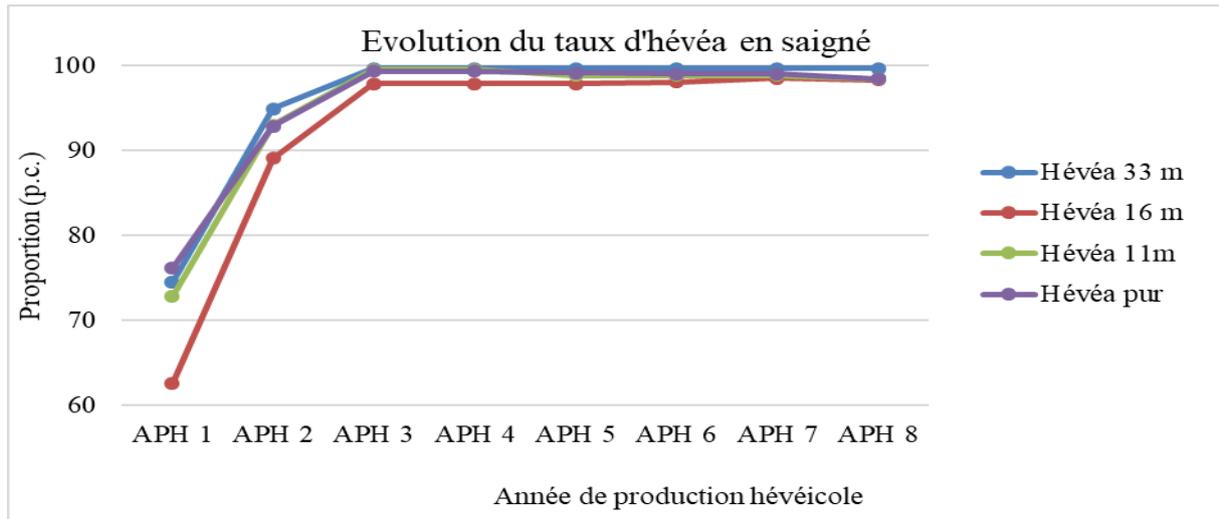


Figure 77: évolution du taux d'arbres saignés

Tableau XVIII : relevé d'existence des hévéas matures suivant le traitement

Traitement	PHV (p.c.)	PHS (p.c.)	PHES (p.c.)
Hévéa 33 m (T 1)	93,06 ± 0,32 b	95,82 ± 1,72 a	2,10 ± 0,32 a
Hévéa 16 m (T 2)	94,70 ± 0,34 a	92,46 ± 0,01 b	2,28 ± 0,12 a
Hévéa 11m (T 3)	92,28 ± 0,78 b	94,86 ± 0,91 a	2,01 ± 0,14 a
Hévéa pur (T 4)	92,34 ± 0,02 b	95,36 ± 0,10 a	1,91 ± 0,19 a
Moyenne	93,10 ± 1,09	94,63 ± 1,59	2,08 ± 0,23
F	18,6	942,86	1,748
P	0,000580	0,000000	0,234543

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.

PHV : Pourcentage d'Hévéa Vivant PHS : Pourcentage d'Hévéa en saignée

PHES : Pourcentage d'Hévéa avec Encoche Sèche

2.1.2.3. Croissance des hévéas

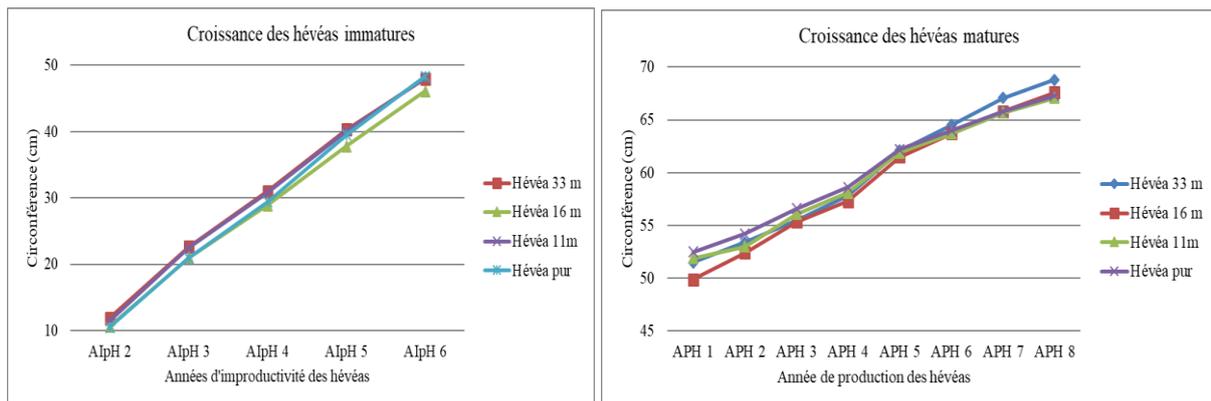
Au cours de la période immature, les circonférences radiales des hévéas les moins importantes ont été observées uniquement dans le traitement 2. Les traitements 1, 3 et 4 ne présentent aucune différence significative entre eux. La valeur moyenne de leur accroissement annuel est de 9,6 cm tandis que celui du traitement 2 est de 9,2 cm. Au cours de la phase mature de l'hévéa, l'analyse de variance des circonférences d'hévéa effectuée présente une différence significative entre les traitements. Les plus gros troncs d'arbres ou hévéas sont observés dans le traitement 1 et les plus petits dans le traitement 3. Le taux d'accroissement annuel est respectivement de 2,6 cm et 2,69 cm pour les traitements 1 et 2. Celui des traitements 3 et 4 est de 2,38 cm (Tableau XIX). Par ailleurs, pour chacun des traitements,

l'évolution de la circonférence dans le temps présente une forte croissance avant la mise en saigné et une faible croissance pendant la période de saignée (figures 78).

Tableau XIX: évaluation de la croissance des plants d'hévéa par traitements

Traitements	Hévéa immature		Hévéa mature	
	Circonférence (cm)	Accroissement (cm)	Circonférence (cm)	Accroissement (cm)
Hévéa 33 m (T 1)	48,0 ± 0,50 a	9,60 ± 0,10 a	68,8 ± 0,2 a	2,6 ± 0,08 a
Hévéa 16 m (T 2)	46,1 ± 0,10 b	9,22 ± 0,02 b	67,6 ± 0,2 b	2,69 ± 0,03 a
Hévéa 11m (T 3)	48,1 ± 0,10 a	9,62 ± 0,02 a	67,1 ± 0,1 c	2,38 ± 0,00 b
Hévéa pur (T 4)	48,3 ± 0,15 a	9,66 ± 0,03 a	67,3 ± 0,2 ab	2,38 ± 0,04 b
<i>F</i>	43,0	43,0	54	27,72
<i>P</i>	0,000028	0,000028	0,000012	0,000141

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5p.c..



AlpH : Année d'Improductivité des Hévéas

Figure 78: évolution des circonférences des hévéas

2.1.2.4. Production de caoutchouc des hévéas

L'analyse de variance de la production de l'hévéa à l'hectare et à l'arbre montre une différence significative entre tous les traitements. La production de caoutchouc à l'arbre est dominée par le traitement 1. La production à l'arbre la moins importante est observée chez le traitement 3. Le Tableau XX présente la production à l'hectare qui varie de 1314,3 (double ligne d'hévéa séparé de 33 m) à 2752,65 kg/ha (hévéa pur). Cette production présente une allure croissante en dent de scie au fil des années de récolte du latex confortées par des courbes ascendantes de prévision linéaire de production de tous les traitements. On note des

augmentations de production plus fortes chez les traitements 4, 3 et 2 et une augmentation de production modérée avec le traitement 1.

De la première à la cinquième année de récolte du latex, les productions du traitement témoin (T4) sont significativement supérieures à celles du traitement 1. Les productions de T2 et T3 semblables, restent intermédiaires entre celles du témoin et de T1. A partir de la sixième année, la production du traitement 3 devient supérieure à celle de tous les autres traitements (Figure 79). Dans l'ensemble, l'hévéa associé aux caféiers produit moins de caoutchouc à l'hectare que l'hévéa en culture pure. L'équivalent en culture pure (ECP) des traitements 1 et 2 est en hausse tandis que celui du traitement 3 présente une baisse de 3,70 p.c. (Tableau XXI). Le système hévéa-caféier avec doubles lignes d'hévéas espacées de 33 m produit statistiquement moins de caoutchouc que les deux autres traitements.

Tableau XX: production de caoutchouc par traitement

Traitements	Production		
	Kg/ha	g/a/s	g/a/an
Hévéa 33 m (T 1)	1314,3 ± 8 d	55,69 ± 0,06 a	4053,96 ± 4,34 a
Hévéa 16 m (T 2)	2192,4 ± 0,9 c	53,05 ± 0,05 b	3870,08 ± 3,40 b
Hévéa 11m (T 3)	2650,9 ± 19,3 b	49,64 ± 0,01 d	3612,78 ± 0,41 d
Hévéa pur (T 4)	2752,65 ± 4,85 a	52,09 ± 0,03 c	3795,11 ± 2,31 c
F	11199,2	10099	11156
P	0,000000	0,000000	0,000000

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.

Tableau XXI : équivalence en culture en pure (ECP) de la production

Traitements	Kg/ha	ECP (p.c.) Prod	ECP (p.c.) Ori.	év. ECP (p.c.)
Hévéa 33 m (T 1)	1314,30 ± 8 d	47,75	38,82	8,93
Hévéa 16 m (T 2)	2192,40 ± 0,9 c	79,65	73,73	5,92
Hévéa 11m (T 3)	2650,90 ± 19,3 b	96,30	100	-3,70
Hévéa pur (T 4)	2752,65 ± 4,85 a	100	100	-

ECP (p.c.) Prod. : Equivalence en Culture Pure de la Production

ECP (p.c.) Ori. : Equivalence en Culture Pure d'origine (lors de la mise en place de l'essai)

év. ECP : évolution de l'Equivalence en Culture Pure

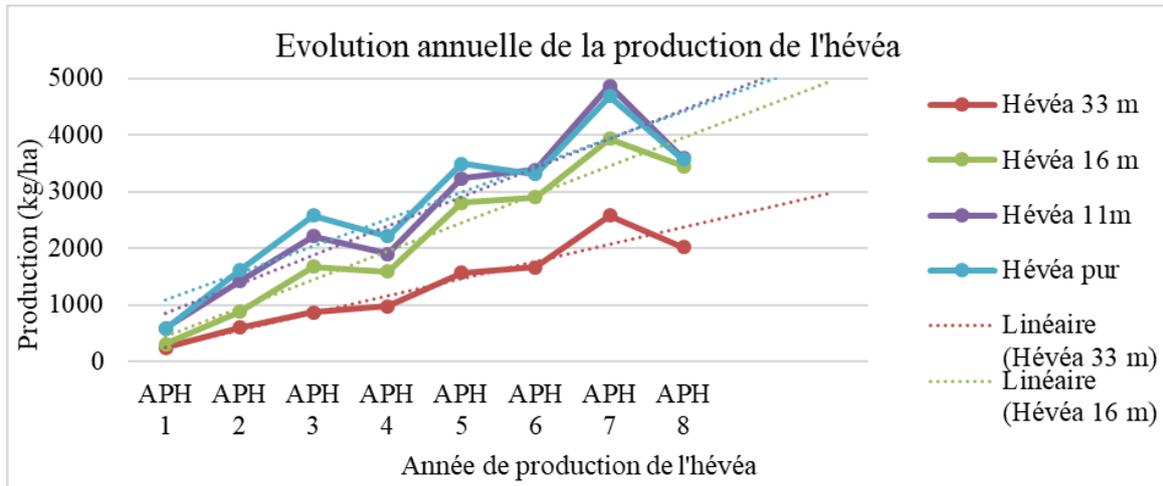


Figure 79: évolution temporelle de la productivité en caoutchouc des traitements

2.1.2.5. Micro Diagnostic Latex (MDL)

Le tableau XXII présente les résultats de l'ANOVA des paramètres du MDL mesuré. Au niveau du taux d'extrait sec, le traitement 1 diffère statistiquement de T 2, T 3 et T 4. Aussi, le taux d'extrait sec supérieur à 43 p.c. est-il très élevé pour tous les traitements. Il varie de $48,6 \pm 0,4$ p.c. (Traitement 4) à $51 \pm 0,2$ p.c. (Traitement 1). La teneur en saccharose est statistiquement égale et élevée pour tous les traitements. Elle est comprise entre 11,3 et $12,25 \text{ mmol.l}^{-1}$. La teneur en phosphore inorganique (Pi) est moyenne dans les traitement 1 ($15 < 15,2 \pm 0,6 < 20 \text{ mmol.l}^{-1}$) et 4 ($15 < 19,8 \pm 0,5 < 20 \text{ mmol.l}^{-1}$). Cependant la teneur en Pi diffère statistiquement pour les traitements 1 et 4. Par ailleurs, la teneur en phosphore inorganique est élevé pour les traitements 2 et 3 mais ne diffère pas significativement. La teneur en groupement thiol est moyenne pour tous les traitements. Cependant cette teneur diffère d'un traitement à un autre. Elle varie de 0,6 à $0,73 \text{ mmol.l}^{-1}$ de latex donc dans l'intervalle de 0,6 à $0,8 \text{ mmol.l}^{-1}$.

Le traitement 1 diffère statistiquement des autres traitements pour tous les paramètres biochimiques du latex excepté la saccharose. Ainsi le traitement 1 contient plus d'extrait sec ($51 \pm 0,2$ p.c.), moins de phosphate inorganique ($15,2 \pm 0,6 \text{ mmol.l}^{-1}$) et moins de groupement thiol ($0,6 \pm 0,01 \text{ mmol.l}^{-1}$) par rapport aux autres traitements. En comparaison avec les valeurs référentielles, le traitement 1 présente un taux très élevé d'extrait sec, une teneur élevée de saccharose et une quantité moyenne de phosphore inorganique et de groupement thiol.

Les traitements 2, 3 et 4 ne présentent aucune différence significative pour le taux d'extrait sec et les teneurs en saccharose et en phosphore inorganique. Ces proportions sont très élevées pour le taux d'extrait sec et élevées pour les teneurs en saccharose et phosphore inorganique. Quant à la teneur en groupement thiol, ces trois traitements diffèrent significativement les uns des autres. Cependant, la proportion est moyenne pour les trois traitements. L'indice métabolique qui varie de 9,04 à 14,37 diffère statistiquement au niveau de chaque traitement. Il est moyen pour tous les traitements.

Tableau XXII : évaluation des paramètres biochimiques du latex suivant les traitements

Traitements	Extrait Sec (p.c.)	Saccharose (mmol.l ⁻¹)	Phosphate inorganique (Pi) (mmol.l ⁻¹)	Groupement thiol (RSH) (mmol.l ⁻¹)	Indice métabolique Pi*RSH
Hévéa 33 m (T 1)	51,00 ± 0,20 a	11,50 ± 0,40 a	15,20 ± 0,60 b	0,60 ± 0,01 c	09,04 ± 0,44 c
Hévéa 16 m (T 2)	49,15 ± 0,45 b	12,25 ± 0,25 a	20,02 ± 0,69 a	0,61 ± 0,01 c	12,11 ± 0,32 b
Hévéa 11m (T 3)	49,35 ± 0,65 b	11,30 ± 0,40 a	20,65 ± 0,75 a	0,66 ± 0,02 b	13,64 ± 0,91 a
Hévéa pur (T 4)	48,60 ± 0,40 b	11,85 ± 0,45 a	19,80 ± 0,50 a	0,73 ± 0,03 a	14,37 ± 0,86 a
<i>F</i>	15,5	3,57	45,64	38,16	36,101
<i>P</i>	0,001067	0,066525	0,000022	0,000044	0,000054

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p.c.

2.1.3. Evaluation du Land Equivalent Ratio (LER)

Les valeurs de Land Equivalent Ratio (LER) obtenues avec les rendements en kg/ha de l'hévéa et du café sont consignées dans le tableau XXIII. Durant les trois années de calcul du LER, le traitement 1 présent des valeurs supérieures (1,45 ; 1,29 et 1,32) à 1. Pour les trois années, les valeurs du LER sont supérieures de 45 p.c., 29 p.c. et 32 p.c. à la somme des rendements de leurs composantes sur la même surface en culture pure.

Le traitement 2 présente une valeur de LER (1,01) presque égale à 1 pour la première année et des valeurs (0,88 et 0,85) inférieures à 1 pour les deux autres années.

Quant au traitement 3, il présente pour la première année, une valeur (1,28) supérieure à 1 et pour les deux autres années, des valeurs égalent à 1.

La valeur du LER de la première année de production de l'hévéa pour les trois associations est supérieure à 1. Elles sont respectivement chez T 1, T 2 et T 3 supérieures de

45 p.c. ; 01 p.c. et 28 p.c. à la somme des rendements de leurs composantes sur la même surface en culture pure.

Tableau XXIII : taux de surface équivalente ou the Land Equivalent Ratio (LER)

Traitements	APC 5 et APH 1			APCAR 1 et APH 6			APCAR 2 et APH 7		
	LPC	LPH	LER	LPC	LPH	LER	LPC	LPH	LER
Hévéa 33 m (T 1)	1,00	0,45	1,45	0,78	0,50	1,29	0,77	0,55	1,32
Hévéa 16 m (T 2)	0,48	0,53	1,01	0,01	0,88	0,88	0,01	0,84	0,85
Hévéa 11m (T 3)	0,28	1,00	1,28	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
Hévéa pur (T 4)	1,00		1,00	1,00		1,00	1,00		1,00
Café pur (T 5)		1,00	1,00		1,00	1,00		1,00	1,00

LPC : LER partiel pour le Café ; LPH : LER partiel pour L'Hévéa, LER : Land Equivalent Ratio

APC : Année de Production Caféière, APH : Année de Production de l'Hévéa, APCAR : APC après Recépage

2.2. Discussion

2.2.1. Performance agronomique du caféier

Le traitement 5 (café pur) présente le taux de mortalité le plus important (20,41 p.c.). Le taux de mortalité le moins important est observé dans le traitement avec les lignes des hévéas séparées de 33 m. Cela pourrait être justifié par la présence des hévéas dans les portions caféières. Les hévéas ayant été plantés une année avant les caféiers pourraient servir de plantes d'ombrage et également réduire l'effet du vent.

La plus importante production à la ligne est obtenue avec le traitement 1 et la plus faible avec le traitement 3. Cela montre que la présence des hévéas influence positivement la production des caféiers selon l'écartement entre les doubles lignes d'hévéas. Plus l'écartement est important, autant la production l'est. La production par traitement est dominée par le café pur. Cela pourrait être justifié par le nombre de caféiers élevé par rapport à celui des autres traitements. La faible production du traitement 3 pourrait être imputée au faible écartement entre les doubles lignes d'hévéas. En effet, les hévéas dans T3 sont mis en place à la même densité que le témoin hévéa pur. Cela favorise une occupation rapide des interlignes de par leur couronne foliaire et par les racines latérales. Ce resserrement des hévéas produit plus d'ombrage et empêche la bonne circulation du vent.

La brièveté dans la production caféière dans les systèmes T2 et T3 serait imputable au recouvrement des caféiers par l'ombrage des hévéas créant une compétition pour la lumière. En effet, la densité des hévéas et l'écart entre ses doubles lignes favorisent une occupation rapide des interlignes par leur couronne foliaire et par les racines latérales. Les caféiers se retrouvent alors dans un microclimat à faible flux lumineux sous forte densité d'hévéas impropre à la réalisation de la photosynthèse des plantes et à leur production. En outre, une compétition pour l'eau et les éléments minéraux du sol entre les deux cultures en présence pourrait également justifier cette rupture de production en T2 et T3. Les racines des hévéas commencent à exploiter le sol dans une bonne partie de la largeur des interlignes (AISA, 2005), à partir de la troisième année. Ce qui justifierait une baisse générale de la production mais particulièrement chez les caféiers plus proches des hévéas. Les compétitions pour les éléments du milieu s'accroissent à la cinquième année, période à laquelle les caféiers ne peuvent utiliser convenablement l'engrais minéral qui leur est apporté à cause de l'ombrage, alors la production devient nulle. Quant aux traitements 1 et 5, les productions reprennent de

plus belle après le recépage. Cette production est dominée par le traitement café pur. Les végétaux ont un fonctionnement et donc un développement optimal lorsque les conditions environnementales sont adéquates et optimales. Ces conditions sont établies par un bon rayonnement solaire qui est la source de l'énergie chimique nécessaire à la fabrication du carbone qui va permettre le développement de la plante. En effet, le développement (croissance et morphogénèse) d'une plante est la résultante de la fixation du CO₂ atmosphérique pour produire des glucides. Ces glucides vont servir à l'édification du bois, c'est-à-dire de la structure morphologique de la plante, mais aussi servir de base au métabolisme de la plante. L'efficacité de la photosynthèse dépend directement de la surface de contact entre l'air et la feuille. Plus les végétaux sont hauts, plus leurs feuilles sont en contact avec l'air et son CO₂. La quantité de CO₂ est plus importante dans l'air (en hauteur) par rapport au sol. Les plantes recherchent donc le maximum de lumière et de CO₂ pour leur développement, par une croissance en hauteur. Par ailleurs, chaque culture, selon le système dans lequel il évolue, est sujette à divers phénomènes de compétition, de synergie, de symbiose... dans son milieu, qui influencent l'expression de son potentiel de production. Ainsi, quel genre de relation existe entre les caféiers et les hévéas du traitement T1, d'autant plus que le nombre de caféiers dudit traitement ne représente que 62,27 p.c. (Equivalence en Culture Pure) de celui en T5. Il existe apparemment une synergie entre les hévéas plantés à faible densité et les caféiers. En effet, dans le système T1, l'espace entre les doubles lignes d'hévéas de 33 m représente le double de l'espace dans le traitement T2 et le triple de celui de T3. Malgré la vigueur des hévéas, la concurrence pour la lumière ne se pose pas et les caféiers bénéficient d'un léger ombrage utile à une bonne production.

2.2.2. Performance agronomique de l'hévéa

Les taux d'hévéas vivants et d'arbre en saignée ne présentent aucune différence significative entre les traitements à l'exception du Traitement 2. La proportion d'hévéa avec encoche sèche (PHES) est statistiquement égale pour tous les traitements. Ces statistiques montrent que l'association n'a aucune influence sur le relevé d'existence des hévéas.

L'accroissement moyenne annuelle de circonférence des hévéas matures est de 2,6 cm pour les traitements 1 et 2 et de 2,3 cm pour les traitements 3 et 4. Ces résultats corroborent ceux d'Adou *et al.*, (2017a), qui présentent un accroissement moyenne annuelle du clone GT 1 en période de saignée descendante de 2,3 cm.an⁻¹. Ces accroissements sont inférieurs à ceux

obtenus par Traoré (2014). Lors de ses travaux, il a obtenu avec le GT1, un accroissement moyen annuel de la circonférence du tronc des arbres de 3,02 cm.

L'accroissement moyen annuel des arbres immatures est supérieur à celui des arbres saignés. Selon Traoré (2014), la mise en saignée des hévéas se traduit par le détournement d'une fraction des assimilats photosynthétiques, strictement affectés au métabolisme général de l'arbre et à la biomasse primaire (bois et écorce). Elle oriente ainsi le métabolisme vers une régénération du matériel cellulaire exporté lors de la saignée et correspondant à la synthèse de biomasse secondaire, comme l'ont montré Jacob *et al.* en 1995. La conséquence est une réduction de la croissance végétative qui s'est traduite par une diminution de la circonférence du tronc des arbres mis en saignée par rapport à celle des arbres non saignés (Gohet, 1996).

La production à l'hectare est majorée chez les hévéas en culture pure et minorée ceux dont les doubles lignes sont séparées de 33 m. Cela s'explique dans les cas de T1 et T2 par des densités de plantation faibles. En effet, le traitement T1 ne dispose que de 198 arbres à l'hectare. Cette densité est faible et l'hévéa n'est pas la composante principale de ce système. La densité de peuplement a également influencé le rendement du traitement T2 (376 arbres) qui a un nombre d'arbres inférieur à celui de T4 (510 arbres). Par contre, la production de caoutchouc à l'arbre est dominée par celle du traitement 1. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les pieds d'hévéa du traitement 1 présente les plus gros troncs ($68,8 \pm 0,2$ cm). En effet, dans le traitement 1, les doubles lignes d'hévéas séparées de 33 m jouissent d'une très bonne aération. Aussi, la faible densité réduit-elle la compétition au niveau des nutriments. De plus, la présence des caféiers de part et d'autre des doubles lignes crée un micro climat favorable au développement de la plante. Tous ces facteurs sont nécessaires pour la bonne croissance isodiamétrale. La production à l'arbre la moins importante est observée chez le traitement 3 (traitement avec les doubles lignes d'hévéas séparées de 11 m). De plus, T3 dont les arbres sont initialement plantés à la même densité que le témoin se retrouve avec un rendement plus faible. Cela pourrait être dû à un nombre trop important de plantes dans ce système (510 hévéas et 760 caféiers) durant les cinq premières années de production des caféiers. Le recépage des caféiers pourrait être favorable à la production hévéicole de ce traitement dans la mesure où le nombre d'arbres de l'espace diminue. Ainsi, à partir de la sixième année, la production du traitement 3 devient supérieure à celle de tous les autres traitements. Les courbes de prévision linéaire sont croissantes pour tous les traitements. Cela montre que la production de tous les traitement augmentera au fil du temps.

Dans l'ensemble, l'hévéa associé aux caféiers produit moins de caoutchouc à l'hectare que l'hévéa en culture pure. Le système hévéa-caféier avec doubles lignes des hévéas espacées de 33 m produit statistiquement moins de caoutchouc que les deux autres traitements.

Les analyses statistiques montrent que tous les traitements diffèrent les uns des autres au niveau de chaque paramètre mesuré lors du Micro Diagnostic Latex (MDL) à l'exception de la teneur en saccharose qui est homogène. Ces paramètres biochimiques ne présentent aucune différence statistique d'une année à un autre pour tous les traitements. Cela montre qu'il n'y a pas d'évolution significative de ces paramètres au fil des trois années de diagnostic. L'analyse des résultats des quatre paramètres biochimiques importants est basée ici sur les valeurs de référence donnée par Jacob *et al.*, (1987). Le taux d'extrait sec qui est la teneur en caoutchouc du latex est supérieure à 43 p.c. et très élevé pour tous les traitements. Il est dominé par le traitement 1 ($51 \pm 0,2$ p.c.). Cela montre que le traitement 1 présente une activité biosynthétique des laticifères plus élevée que les autres traitements (Jacob *et al.*, 1995, Traoré, 2014, Coulibaly *et al.*, 2018). La teneur en saccharose, source de matière première à l'élaboration du caoutchouc, est homogène et élevée pour tous les traitements. Elle est comprise entre 9 et 12 mmol.l⁻¹ de latex. Cela montre que tous les traitements ont des réserves hydrocarbonées intralaticifères importantes et directement utilisables pour la biosynthèse du caoutchouc des laticifères (Traoré, 2014, Coulibaly *et al.*, 2018). Quant à la teneur en Pi, elle est moyenne pour le traitement 1 ($15,2 \pm 0,6$ mmol.l⁻¹) et élevée pour tous les autres. Cela montre que le traitement 1 dispose de l'énergie interne moyenne permettant l'activation du métabolisme et donc une bonne production de caoutchouc. Par contre, pour les autres traitements, cette énergie interne est élevée. Selon Jacob *et al.* (1988), l'intensité du métabolisme énergétique des cellules laticifères est moyenne dans le traitement 1 et élevée dans les autres traitements. La teneur en groupements thiols est moyenne pour tous les traitements et varie de $0,6 \pm 0,01$ à $0,73 \pm 0,03$ mmol.l⁻¹. Selon Traoré (2014), Les groupements thiols, sous leur forme réduite R-SH, sont susceptibles de neutraliser les formes toxiques d'oxygène (Chrestin, 1984). Ce sont des antioxydants qui protègent la compartimentation cellulaire du latex dont celle des lutoïdes, et par conséquent le fonctionnement des laticifères. Ainsi, tous les traitements présentent le même niveau (moyen) de protection contre la sénescence des cellules. Ces résultats qui montrent que le GT 1 est un clone à métabolisme modéré confirment ceux obtenus par Adou *et al.*, (2017b) lors de ses études concernant la bonne technologie de récolte de latex des clones à métabolisme modéré.

2.2.3. Evaluation du Land Equivalent Ratio (LER) de l'association hévéa-café

. La valeur du LER de la première année de production de l'hévéa pour les trois associations est supérieure à 1. Les valeurs de LER supérieures à 1 indiquent que la culture associée est plus bénéfique, en termes d'utilisation de la terre, par rapport à la culture pure, séparée de l'hévéa et du café. Elles sont respectivement pour T 1, T 2 et T 3 supérieures de 45 p.c. ; 01 p.c. et 28 p.c. à la somme des rendements de leurs composantes sur la même surface en culture pure. Les résultats de calcul des LER de la cinquième et la sixième année de production de l'hévéa présentent une valeur supérieure à 1 seulement pour les traitements 1 et 3. Ainsi, au delà de la première année de production de l'hévéa, le traitement avec les hévéas séparés de 16 m n'est plus bénéfique. Le traitement avec les doubles lignes d'hévéas séparés de 11 m présente les mêmes performances que les cultures pratiquées séparément. Le traitement 1, c'est-à-dire le traitement avec les doubles lignes d'hévéas séparées de 33 m est bénéfique par rapport à tous les autres.

Conclusion partielle

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer les performances agronomiques de l'association hévéa-café. Au terme des travaux, il résulte que les caféiers associés à des doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m (T1) produisent autant à l'hectare que ceux en culture pure (T5). La production de café associé à des doubles lignes d'hévéas distantes de 16 m (T2) ou de 11 m (T3) est significativement plus faible et devient nulle après 5 ans. Par contre, dans le système avec doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m (T1), la production de café peut être obtenue bien au-delà des 5 ans. L'accroissement moyen annuel (9,6 cm) des arbres immatures est supérieur à celui des arbres saignés (2,6). Les plus gros troncs d'hévéa sont dans le traitement 1. Ce même traitement qui a la production à l'arbre la plus importante et la production à l'hectare la plus faible est le plus rentable avec un LER de 1,32. La production à l'hectare de l'hévéa est majorée par le traitement avec hévéa pur.

**CHAPITRE III : RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DE L'ASSOCIATION HÉVÉA-
CAFÉIER**

Introduction partielle

L'agriculture est un investissement qui permet au paysan de subvenir à ses besoins. Ainsi, l'association rationnelle hévéa-café pourrait être économiquement rentable. A travers une expérimentation, la rentabilité économique de l'association hévéa-café a été déterminée. La différence entre les recettes et les coûts de production a permis d'obtenir des marges brutes. L'ensemble de ces résultats a été discuté dans ce présent chapitre.

3.1. Résultats

3.1.1. Coût de production

Les charges comprennent les coûts d'acquisition des plants, des intrants (engrais et produits stimulants de l'hévéa), des équipements de saignée, et des journées de travail, liés à chaque traitement.

3.1.1.1. Coût du matériel végétal

Le prix unitaire du plant en sac d'hévéa est de 350 FCFA et celui du plant en sac de café est de 200 FCFA. Le coût maximum d'achat du matériel végétal est atteint avec le traitement 3 (doubles lignes d'hévéa séparées de 11 m) correspondant à 381 500 FCFA. L'acquisition des plants pour T4 (hévéa pur) est la moins coûteuse avec un montant de 206 500 FCFA. Les valeurs des coûts totaux d'achat des plants sont consignées dans le tableau XXIV.

Tableau XXIV : quantité et coût des plants en sac utilisés par ha

Spécifications et rubriques		Traitements				
		T 1 (33 m)	T 2 (16 m)	T 3 (11 m)	T 4 (hévéa pur)	T 5 (Café pur)
Hévéa	Quantité	230	435	590	590	-
	Coût (FCFA)	80 500	152 250	206 500	206 500	-
Caféier	Quantité	955	875	690	-	1535
	Coût (FCFA)	191 000	138 000	175 000	-	307 000
Coût total (FCFA)		271 500	290 250	381 500	206 500	307 000

3.1.1.2. Coût des intrants et des équipements de saignée

Le coût moyen des engrais simples tels que le chlorure de potassium (KCl), le phosphore tricalcique (PCa³) et l'Urée est de 300 FCFA le kilogramme (kg), celui des engrais composés (NPK) est 500 FCFA par kilogramme (kg) et celui du produit utilisé pour la stimulation des hévéas est 5 FCFA le gramme. En dehors du Traitement 4 (hévéa pur), les coûts des intrants pour tous les traitements, sont plus élevés pendant la phase immature des hévéas par rapport à ceux enregistrés durant la phase de maturité de l'hévéa. Le coût des intrants le plus élevé est enregistré avec le T5 (4 203 616 FCFA) et le moins important par le T4 (306 408 FCFA). Les coûts des intrants sont consignés dans le tableau XXV.

Le coût moyen des équipements des hévéas matures est de 200 FCFA par arbre. Les équipements des arbres ont coûté 37 000 FCFA pour T1, 71 800 FCFA pour T2, 94 800 FCFA pour T4 et 95 000 FCFA pour T3 (Tableau XXVI).

Tableau XXV : quantité et coût des équipements de saignée

Rubriques	Traitements				
	T 1 (33 m)	T 2 (16 m)	T 3 (11 m)	T 4 (hévéa pur)	T 5 (Café pur)
Quantité	185	359	475	474	0
Coût (FCFA)	37 000	71 800	95 000	94 800	0

Tableau XXVI : quantité (Kg/Ha) et coût (FCFA) des intrants

Spéculations & rubriques			Traitements				
			T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
Hévéa	Urée	Quantité	38,61	73,32	99,45	99,45	-
		Coût	11 583	21 996	29 835	29 835	-
	Ca ³ (PO ₄) ²	Quantité	120	228	311	311	-
		Coût	36 000	68 400	93 300	93 300	-
	KCl	Quantité	32,8	62,4	84,6	84,6	-
		Coût	9 840	18 720	25 380	25 380	-
Caféier	NPKMg	Quantité	3668,6	3359,2	2652	-	5 891,86
		Coût	1 834 300	1 679 600	1 326 000	-	2 945 930
	Ca ³ (PO ₄) ²	Quantité	16,6	15,2	12	-	26,66
		Coût	4 980	4 560	3 600	-	7 998
Coût durant la phase d'immaturité (0 – 06 ans) de l'hévéa			1 896 703	1 793 276	1 478 115	148 515	2 953 928
Caféier	NPKMg	Quantité	1556,25	1425	1125	-	2 499,38
		Coût	778 125	712 500	562 500	-	1 249 688
Hévéa	Stimulants	Quantité (g)	12 369	23 120	27 484	31 579	-
		Coût	61 846	115 600	137 421	157 893	-
Coût durant la phase de maturité (07 – 14) de l'hévéa			839 971	828 100	699 921	157 893	1 249 688
Cumul			2 736 674	2 621 376	2 178 036	306 408	4 203 616

3.1.1.3. Coût de la main d'œuvre

Le nombre de journées de travail pendant la phase de maturité de l'hévéa est supérieur à celui de la période d'immaturité de l'hévéa pour tous les traitements excepté le traitement avec le café pur (Tableau XXVII). Le coût journalier de la main d'œuvre est de 2000 FCFA par personne. Après les quatorze années d'expérimentation, le coût de la main d'œuvre est plus important pour le traitement 3 (doubles lignes d'hévéa séparées de 11 m) et moins élevé pour le traitement avec café pur. La main d'œuvre atteint son maximum pour tous les traitements à l'année 4 excepté le traitement avec l'hévéa pur (Figure 80). Après les sept premières années, les charges annuelles tendent à se stabiliser dans chacun des

traitements. La droite de prévisions linéaire est croissante pour chacun des 4 premiers traitements et stationnaire pour le cinquième traitement avec le café pur.

Tableau XXVII : quantité et coût (FCFA) de la main d'œuvre en FCFA

Périodes	Rubriques	Traitements				
		T 1 (33m)	T 2 (16m)	T 3 (11m)	T 4 (hévée pur)	T 5 (Café pur)
Immaturité de l'hévée (0 – 06 ans)	Jrnées de travail	395,2	417,5	798,7	186,7	354,2
	Coût	790 400	835 000	1 597 400	373 400	708 400
Maturité de l'hévée (07 - 14)	Jrnées de travail	500	733,6	1136,4	747,5	230,6
	Coût	1 000 000	1 467 200	2 272 800	1 495 000	461 200
Cumul	Jrnées de travail	895,2	1151,1	1935,1	934,2	584,8
	Coût total	1 790 400	2 302 200	3 870 200	1 868 400	1 169 600

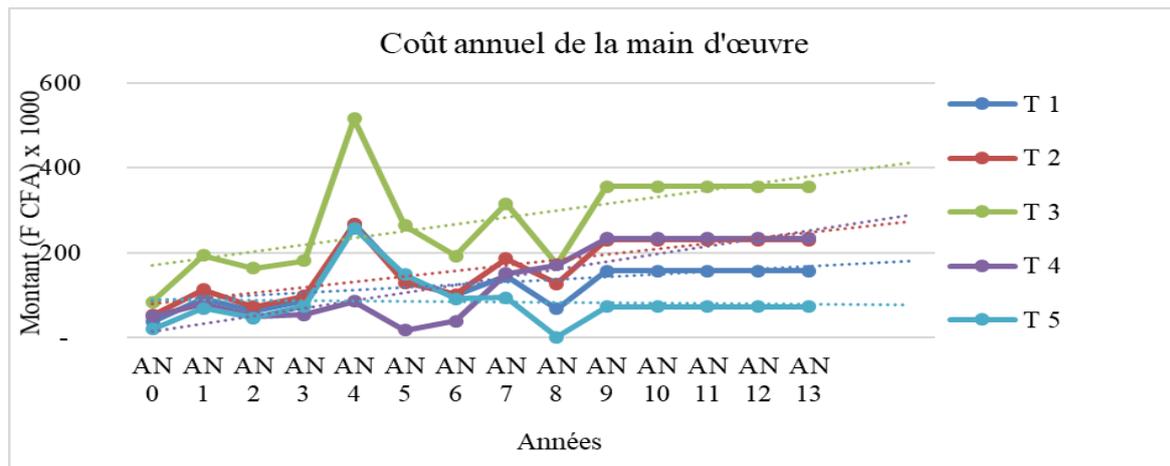


Figure 80 : coût de la main d'œuvre

3.1.1.4. Coût total de production des spéculations de chaque traitement

Les coûts de production des spéculations (Café et hévéa) varient selon le traitement (Tableau XXVIII). Le coût de production des cultures de café et d'hévée le plus important est celui du traitement 3 (double ligne d'hévée séparé de 11 m) et moins élevé est celui du traitement avec le café pur. Les coûts de production pendant la phase d'immaturité des hévéas sont plus élevés que ceux enregistrés durant la phase de maturité de l'hévée pour tous les traitements, excepté le traitement avec l'hévée pur.

Tableau XXVIII : coût total de production en FCFA par hectare

Périodes	Rubriques	Traitements				
		T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
Immaturité de l'hévéa (0 – 06 ans)	Coût des Plants	271 500	290 250	381 500	206 500	307 000
	Coût des					
	Intrants (engrais)	1 896 703	1 793 276	1 478 115	148 515	2 953 928
	Coût de la Main d'œuvre	790 400	835 000	1 597 400	373 400	708 400
	Total 1	2 958 603	2 918 526	3 457 015	728 415	3 969 328
Maturité de l'hévéa (07 - 14)	Coût des Equipements de saignée	37 000	71 800	95 000	94 800	-
	Coût des					
	Intrants (engrais et stimulant)	839 971	828 100	699 921	157 893	1 249 688
	Coût de la Main d'œuvre	1 000 000	1 467 200	2 272 800	1 495 000	461 200
	Total 2	1 876 971	2 367 100	3 067 721	1 747 693	1 710 888
Coût total de production		4 835 574	5 285 626	6 524 736	2 476 108	5 680 216

T1, T2 et T3 : Traitement avec les doubles lignes d'hévéa séparées respectivement de 33, 16 et 11 m

T4 et T5 : Traitement avec les cultures pures respectives d'hévéa et de café.

3.1.2. Recettes d'exploitation des traitements

Le revenu financier, quatorze années après planting, est variable d'un traitement à l'autre (Tableau XXIX). Durant les deux périodes d'évolution de l'hévéa, la recette de T1 (doubles lignes d'hévéas séparées de 33 m) est plus importante que celle de tous les autres traitements.

Les caféiers entrent en production dès la troisième année après planting. Pendant les six années d'improductivité des hévéas, le revenu des planteurs est assuré par la production caféière. Les trois premières années de récolte de café sont dominées par la production de T1. Cette production caféière atteint son pic à la troisième année tout comme celle des traitements 2, 3 et 4. Les revenus qui proviennent de T1 sont plus importants avant la mise en saignée des hévéas que ceux engrangés chez les autres traitements. T1 est même supérieur au témoin caféiers purs (T5). Après la mise en saignée des hévéas, les recettes sont dominées par le

traitement 4 jusqu'à la cinquième année de production des hévéas. A la sixième année de récolte de latex, les traitements 1 et 5 dominent les recettes. Les recettes engrangées durant la période de maturité de l'hévéa sont supérieures à celles obtenues durant la phase immature de l'hévéa pour tous les traitements.

Cependant, une somme assez importante de recette garantit-elle la rentabilité ?

Tableau XXIX : recette par traitement en FCFA

Périodes	Traitements				
	T 1 (33m)	T 2 (16m)	T 3 (11m)	T 4 (hévéa pur)	T 5 (Café pur)
Immaturité de l'hévéa (0 – 06 ans)	3 808 896	2 226 640	1 588 704	-	2 622 464
Maturité de l'hévéa (07 - 14)	5 969 676	4 519 360	5 272 418	5 260 416	4 274 920
Cumul	9 778 572	6 746 000	6 861 122	5 260 416	6 897 384

3.1.3. Rentabilité économique

Pendant la période d'immaturité de l'hévéa, toutes les recettes sont générées par la production caféière. La marge brute (MB) durant cette période est déficitaire pour tous les traitements excepté celui avec les doubles lignes d'hévéa séparées de 33 mètres (T1). Durant la phase de maturité de l'hévéa, les marges brutes sont excédentaires chez tous les traitements. Au bout des quatorze années d'expérimentation, la marge brute est positive pour tous les traitements. Avec une marge brute globale de 4 942 998 FCFA, le traitement 1 est le plus rentable. Le moins rentable est le traitement avec les doubles lignes d'hévéas séparées de 11 m avec une marge brute de 336 386 FCFA.

En ce qui concerne les gains additionnels par rapport au témoin hévéa, Il ressort que le plus rentable est T 1 avec 77,53 p.c.. Par ailleurs, T 1 et T 2 dominent respectivement le témoin café de 306,11 p.c. et 19,98 p.c.. Le traitement 3 est le moins rentable par rapport aux deux (2) témoins. Le gain additionnel au niveau de ce traitement est négatif par rapport aux deux (2) témoins (Tableau XXX).

Tableau XXX : marge brute (MB) par traitement en FCFA

Périodes	Rubriques	Traitements				
		T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
Immaturité de l'hévéa (0 – 06 ans)	Produits	3 808 896	2 226 640	1 588 704	-	2 622 464
	Charges	2 958 603	2 918 526	3 457 015	728 415	3 969 328
	MB (1)	850 293	-691 886	-1 868 311	-728 415	-1 346 864
Maturité de l'hévéa (07 – 13 ans)	Produits	5 969 676	4 519 360	5 272 418	5 260 416	4 274 920
	Charges	1 876 971	2 367 100	3 067 721	1 747 693	1 710 888
	MB (2)	4 092 705	2 152 260	2 204 697	3 512 723	2 564 032
Cumul	Produits	9 778 572	6 746 000	6 861 122	5 260 416	6 897 384
	Charges	4 835 574	5 285 626	6 524 736	2 476 108	5 680 216
	MB	4 942 998	1 460 374	336 386	2 784 308	1 217 168
Gain additionnel (en p.c.) par rapport à :	T4	77,53	-47,55	-87,92	0	-56,28
	T5	306,11	19,98	-72,36	128,75	0
	T4 + T5	23,53	-63,5	-91,59	-30,42	-69,58
	(T4 + T5)/2	147,06	-27,01	-83,19	39,16	-39,16

3.2. Discussion

3.2.1. Coût de production

Le coût de production est plus important pour le traitement 3 (doubles lignes d'hévéa séparées de 11 m) et moins élevé pour le traitement avec hévéa pur. Cela pourrait être expliqué par le nombre élevé d'arbres sur la même superficie. En effet, le traitement 3 totalise 1270 arbres à l'hectare (510 hévéas et 760 caféiers) qui reçoivent les intrants et les équipements par unité (Attobra *et al.*, 2013b). Et cela nécessite une main d'œuvre importante d'où le coût de production élevé (Daly, 2008 ; Bamba, 2012). Cependant, Les coûts de production sont plus élevés pendant la phase d'immaturité des hévéas par rapport à ceux enregistrés durant la phase de maturité de l'hévéa pour tous les traitements, excepté le traitement avec l'hévéa pur (REDD+, 2013). Le coût de production élevé durant la période d'immaturité de l'hévéa par rapport à sa période de maturité pourrait être justifié par l'intensité du travail lié à la mise en place de la parcelle, à l'achat des intrants et du matériel végétal. En effet, pendant les six années d'immaturité, une parcelle d'hévéa bénéficie de trois à quatre passages d'entretien dans l'année (Attobra *et al.*, 2013b). Par contre en période de récolte, le nombre passage diminue vu que la canopée empêche l'enherbement (Attobra *et al.*, 2013c). De plus, l'achat du matériel végétal est le fait des premières années de mise en place. Par ailleurs, la saignée mobilise de la main d'œuvre chaque trois jours (Si la saigné se fait en d3). Ainsi, le temps de travail s'augmente d'où le coût de la main d'œuvre. Selon Adopo (2010), les manœuvres ont une forte attirance pour les travaux de saignée au détriment des travaux d'entretien qu'ils jugent pénibles et peu rémunérés. En outre, le coût de la stimulation pourrait engendrer des frais supplémentaires (Attobra *et al.*, 2013c). En caféiculture, après la mise en place de la plantation, la fréquence d'entretien (nettoyage et intrants) ne varie pas suffisamment d'une année à une autre (Kébé *et al.*, 2005 ; REDD+, 2013). Ainsi, la différence de coût de production entre les phases d'immaturité et de maturité de l'hévéa pourrait être le fait du coût de la mise en place du champ. Aussi, le coût de production évolue t'il en fonction de l'équivalence en culture pure d'hévéa. Mais, étant donné que le café mobilise plus de fonds, et suffisamment important, durant les six premières années (période d'immaturité de l'hévéa), le coût de production durant cette période devient supérieur par rapport à la période de maturité de l'hévéa pour les associations.

3.2.2. Recettes d'exploitation

Durant les deux périodes d'évolution de l'hévéa, la recette de T1 (doubles lignes d'hévéa séparées de 33 m) est plus importante que celle de tous les autres traitements. Cela pourrait être justifié d'une part, par le fait que le prix de vente du café soit supérieur à celui du caoutchouc et d'autre part, par le fait que la production caféière soit permanente et dominé par celle du traitement T1 (Amadou, 1997 ; Akakpo, 1998). Pendant les six années d'improductivité des hévéas, le revenu des planteurs est assuré par la production caféière (Sanchez, 2002). Ainsi, durant les trois premières années de récolte du café, la production de T1 est significativement supérieure celle des autres traitements. Cette production est dominée par le traitement avec les doubles lignes d'hévéas espacées de 33 m. l'équivalence en culture pure (ECP) de café est de 106,63 p.c.. De ce fait, les revenus qui proviennent de T1 sont plus importants avant la mise en saignée des hévéas. Après la mise en saignée des hévéas, les recettes sont dominées par celle du traitement 4 jusqu'à la cinquième année de production des hévéas. Le recépage des caféiers pourrait justifier cette tendance. En réalité, le café est recépage après cinq années de production (Sanchez, 2002 ; Kébé *et al.*, 2005). Et l'année de recépage correspond à la deuxième année de production de l'hévéa. Ainsi, le revenu de tous les autres traitements repose sur celui des hévéas dominés en nombre par le traitement avec l'hévéa planté en pur. A la sixième année de production des hévéas, les traitements 1 et 5 dominent celles de tous les autres traitements. Cette hausse de recette du traitement avec les doubles lignes d'hévéas séparées de 33 m est dû à la reprise de production des caféiers après recépage. Les recettes engrangées durant la période de maturité de l'hévéa sont supérieures à celles obtenues durant la phase immature de l'hévéa pour tous les traitements. Durant cette phase, les deux spéculations sont en production d'où la hausse significative de recette.

3.2.3. Rentabilité économique

Pendant la période d'immaturité de l'hévéa, toutes les recettes sont générées par la production caféière. La marge brute durant cette période est négative pour tous les traitements excepté celle du traitement avec les doubles lignes d'hévéa séparé de 33 mètres (T1). Durant la phase de maturité de l'hévéa, les marges brutes de tous les traitements sont excédentaires. Au bout des quatorze années de travaux, la marge brute est positive pour tous les traitements. Avec une marge brute globale de 4 942 998 FCFA, le traitement 1 est le plus rentable. Le moins rentable est le traitement avec les doubles lignes d'hévéas séparées de 11 m dont la marge brute de 336 386 FCFA. Ce traitement assure tous les ans, après l'entrée en production

des caféiers une marge brute positive (Sanchez, 2002). Avant que les hévéas ne soient mis en saignée la production des caféiers, à elle seule, parvient à couvrir toutes les charges de mise en place et de suivi dans ce système (Samati, 2002). Néanmoins, dans ce système, la production d'hévéa ne pourra jamais approcher les niveaux de production obtenue en culture pure d'hévéa. Ce système serait difficilement envisageable par un planteur d'hévéa souhaitant baser principalement ses revenus sur l'hévéa. Toutefois, si le paysan a pour objectif de faire rapidement un profit, le traitement T1 lui conviendrait mieux d'autant plus que la production de café est pérenne. En effet, ce traitement permet dès les premières récoltes de café de faire des bénéfices se traduisant par une marge brute avant la mise en saignée des hévéas s'élevant à 850 293 FCFA. Etant donné que la production des hévéas est liée au nombre d'arbres saignés (NAS), donc dépendante de la densité, la production des hévéas dans le traitement T1 sera bien évidemment la plus faible de tous les traitements. Disposant d'une surface à exploiter le planteur a-t-il intérêt à diviser son terrain pour y conduire séparément des cultures pures ou au contraire serait-il mieux qu'il consacre la totalité de la surface à des associations de culture à base d'hévéa?

Les résultats de cet essai révèlent que la réponse à ces questions dépendra des motivations du paysan. En effet, le traitement T3 ne peut être recommandé car le paysan n'obtiendra aucun revenu avant la mise en saignée des hévéas, mais produira plutôt à perte jusqu'à la quatorzième année. Si le but visé par le paysan est la diversification de la production, celui-ci pourrait envisager le traitement T1. C'est d'ailleurs l'objectif de cette étude qui est de déterminer une association hévéa-caféier performante pour une utilisation optimale de l'espace agricole.

Conclusion partielle

L'objectif de ce chapitre est de déterminer la rentabilité économique de l'association hévéa-café. Au terme des travaux, il résulte que le traitement 1 est le plus rentable avec une marge brute globale de 4 942 998 FCFA. Le moins rentable est le traitement avec les doubles lignes d'hévéas séparées de 11 m avec une marge brute de 336 386 FCFA.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de l'étude est de déterminer une association hévéa-caféier performante pour une utilisation optimale de l'espace agricole. Pour y arriver, diagnostiquer la place de l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest de la Côte d'Ivoire par le biais d'une enquête, à questionnaire ouvert, a été nécessaire. Par la suite, les performances agronomiques de l'association hévéa-caféier ont été évaluées à travers une expérimentation afin de déterminer la rentabilité économique de cette association. Les résultats obtenus au terme de l'étude intitulé : « Caractérisation des systèmes de culture impliquant l'Hévéa : cas de l'association permanente Hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) – Caféier (*Coffea canephora* Pierre ex. Froehner) » permettent de tirer les conclusions suivantes :

Au niveau de la place de l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest de la Côte d'Ivoire, il est ressorti que les hévéaculteurs enquêtés sont majoritairement des autochtones de sexe masculin et relativement âgés. Ils sont aussi de diverses catégories sociales et motivés généralement par les revenus mensuels que procure l'hévéa. L'hévéaculture occupe 46 p.c. des surfaces des exploitations de la région semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire avec précédent cultural dominant, le café (45,63 p.c.). L'hévéa est cultivé en association dans 67,87 p.c. des cas. Les associations sont faites majoritairement avec les vivriers (86,83 p.c.) comme le maïs présent dans 58,82 p.c. des associations et le riz dans 49,86 p.c. des associations. Les parcelles d'hévéa, généralement de petite taille, (2,41 ha) sont plantées avec du matériel végétal en mélange clonal dominé par le GT 1 (97,34 p.c.) et à bonne densité. Les jauges sont les plus utilisés. La majorité des champs est dans un état moyennement propre à sale. Le pourridié des racines causé par le genre *Fomès* est une maladie redoutable et connue des hévéaculteurs. Le contrôle de la qualité de saignée a révélé que la saignée est profonde avec un taux élevé de blessures souvent non soignées. Ce qui compromet la saignée sur écorce régénérée et la durabilité du verger. Par contre, la consommation d'écorce est bonne. Les contraintes majeures liées à l'hévéaculture à Man sont la baisse du prix du caoutchouc, la vente difficile du caoutchouc récolté, la pression foncière et le déficit d'encadrement.

En ce qui concerne les performances agronomiques de l'association hévéa-caféier, les caféiers associés à des doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m (T1) produisent autant à l'hectare que ceux en culture pure (T5). La production de cafés associés à des doubles lignes d'hévéa distantes de 16 m (T2) ou de 11 m (T3) est significativement plus faible et devient nulle après 5 ans. Par contre, dans le système avec doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m (T1), une production de café peut être obtenue bien au-delà des 5 ans. L'accroissement moyen annuel (9,6 cm) des arbres immatures est supérieur à celui des arbres saignés (2,6). Les plus gros

troncs d'hévéa sont dans le traitement 1. Ce même traitement qui a la production à l'arbre la plus importante et la production à l'hectare la plus faible est le plus rentable avec un LER de 1,32. La production à l'hectare de l'hévéa est majorée avec le traitement ou l'hévéa est planté en culture pure.

Quant à la rentabilité économique de l'association, le traitement 1 est le plus rentable avec une marge brute globale de 4 942 998 FCFA. Le moins rentable est le traitement avec les doubles lignes d'hévéas séparées de 11 m avec une marge brute de 336 386 FCFA.

Au terme des travaux ainsi réalisés à Man et à San Pedro, les trois hypothèses formulées, à savoir, l'hévéa pourrait s'être substitué au caféier dans la dynamique de diversification et de replantation, l'association rationnelle hévéa-café pourrait être un facteur de stabilisation de ces cultures et l'association rationnelle hévéa-café pourrait être économiquement rentable, ont été vérifiées. Par conséquent, l'objectif général qui vise à déterminer une association hévéa-caféier performante pour une utilisation optimale de l'espace agricole a été atteint.

En perspective, il convient de/d' :

- ✓ poursuivre l'étude avec d'autres clones d'hévéa et les nouveaux hybrides de café afin de déterminer les meilleurs matériels végétaux,
- ✓ élargir l'étude à d'autres spéculations afin de promouvoir les associations permanentes impliquant les cultures pérennes,
- ✓ approfondir l'étude des cultures associées à l'hévéa d'une part pour rationaliser celles qui sont déjà pratiquées (Riz, Maïs) et d'autre part pour promouvoir les associations culturales méconnues avec le manioc et les cultures pérennes voire les animaux par exemple afin d'en tirer le meilleur profit.

Ces perspectives contribueront à bâtir une stratégie de redressement de l'hévéaculture dans le grand Ouest de la Côte d'Ivoire qui se présente comme une zone d'avenir pour ladite culture.

RECOMMANDATIONS

Notre travail a mis en exergue un certain nombre de constats discutés dans les paragraphes antérieurs. Au vu de ces constats, un certain nombre de recommandations peuvent être formulées à l'endroit des hévéaculteurs, des structures d'encadrement et du gouvernement.

Aux hévéaculteurs, il est important de/d' :

- respecter scrupuleusement les itinéraires techniques préconisés par la recherche (les densités, l'entretien des cultures immatures et matures, les technologies de récolte du latex) ;
- mettre la priorité sur les associations de culture ;
- participer et suivre les séances de sensibilisation et de formation afin de renforcer leurs capacités en itinéraires techniques, en répartition clonale, technologies de récolte du latex etc. ;
- s'organiser en coopérative afin de mieux s'entraider et améliorer l'entretien des cultures, la collecte et la commercialisation du caoutchouc.

Aux structures d'encadrement, s'assurer de/d' :

- augmenter le nombre de moniteurs par secteur afin de les rendre plus efficaces ;
- accroître la fréquence des visites sur les parcelles paysannes ;
- accroître les campagnes de sensibilisation et de formation ;
- multiplier les champs écoles ;
- faciliter l'accès aux intrants.

Au gouvernement, veiller à :

- mettre en place un système de stabilisation du prix d'achat du caoutchouc ;
- créer une banque agricole pour faciliter l'accès des hévéaculteurs aux crédits agricoles afin de les motiver ;
- soutenir les structures d'encadrement.

REFERENCES

- Adeniyani O.N., Akande S.R., Saka J.O. & Balogun M.O. (2007). Evaluation of crop yield of African yam bean, maize and kenaf under intercropping systems. *American-Eurasian Journal Agricultural & Environnement Science* 2 (1): 99-102.
- Adji B.I. (2017). Caractérisation des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa Côte d'Ivoire), 50 p.
- Adopo R. (2010). Analyse du système de saignée à l'UAI de Bongo dans le cadre du transfert de technologie. Mémoire de fin d'études agronomique, ESA/INP HB (Côte d'Ivoire), 52 p.
- Adou C.B.Y., Soumahin F.E., Kouakou H.T., Essehi J.L., Atsin O.J.G. & Obouayeba S. (2017a). Détermination de quelques conditions optimales de réalisation de micro-diagnostic latex chez l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.) cultivé en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 19 : 741-749.
- Adou C.Y.B., Atsin O.J.G., Essehi J.L., Ballo K.E., Soumahin F.E., Obouayeba P.A., Kouakou H.T. & Obouayeba S. (2017b). Latex micro diagnosis, modern management tool of rubber plantations of clones with moderate metabolism GT 1, RRIC 100 and BPM 24. *Journal of Applied Biosciences*, 121 : 12098-12109.
- Agbaje G. O., Ogunbodede B. A. & Makinde J. O. (2002). Biological and economical efficiency of maize + soybean intercrop pattern in rainforest and savanna areas of Nigeria. *Journal of Agricultural Research* 3: 37-40.
- Agnimel A. C. (2009). Utilisation de la variabilité génétique pour la valorisation du bois d'hévéa. Mémoire de fin d'études, ENSA Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 56 p.
- Ahoba A. (1992). Propriétés physiques et mécaniques des hévéas de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 4(1) : 5 – 10.
- Ahoba A. (2011). Évaluation de quelques caractéristiques dendrométriques de trois clones d'*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (PR 107, PB 86, GT 1). *Agronomie Africaine*, 23(3) : 227 – 236.

- Aka N., Bamba S. B., Soro G. & Soro N. (2013). Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropicale humide : Cas du département d'Abengourou (Sud-est de la Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, 16: 31-52.
- Akakpo K. (1998). Pouvoir d'achat et stratégies de suivi des ménages ruraux producteurs de coton ; ESA-UB, Lomé, 105 p.
- Akmel M. S. (2016). Enjeux socio-économiques et contraintes liées à l'hévéaculture en pays odjukru dans la région de Dabou (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 12(1) : 431-450.
- Akmel M. S. (2018). Enjeux socio-économiques de l'hévéaculture et risque d'insécurité alimentaire en pays Odjukru dans la région de Dabou (Côte d'Ivoire) ; *Tropicultura*, 36(2) : 425-434.
- Amadou A. (1997). Systèmes productifs et structure de la commercialisation du café et du cacao au Togo ; ESA-UB, Lomé, 100 p.
- ANADER (2014). Rapport de monographie. Document interne. ANADER Man, 23 p.
- Andriessse W., Fresco D., Van A. N. & Windmeijer P. N. (1994). Caractérisation multiéchelle des agrosystèmes de bas-fonds en Afrique de l'Ouest, Netherlands. *Journal of Agriculture Sciences*, 159-179.
- Anonyme (2007). Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'ouest CDEAO-CSAO/OCDE, 20p.
- Anonyme (2017). Synthèse des résultats du recensement des exploitants et exploitations agricoles 2015 / 2016 (REEA, 2015/2016). Rapport provisoire (1) 50 p.
- Anonyme (2019) [https://fr.wikipedia.org/wiki/Man\(C%C3%B4te_d%27Ivoire\)#cite_ref-1](https://fr.wikipedia.org/wiki/Man(C%C3%B4te_d%27Ivoire)#cite_ref-1) du 09/09/2019
- APROMAC (2019). "Rapport d'activité et financier du conseil d'administration de l'APROMAC à l'assemblée générale ordinaire", 60 p.
- Ashwell G. (1957). Colorimetric analysis of sugar. *Meth. Enzymol*, 3 : 73–105.

- Assiri A. A. (2007). Identification des pratiques paysannes dans la conduite des vergers cacaoyers en Côte d'Ivoire. Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondies, UFR STRM (Sciences de la Terre et des Ressources Minières), Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 56 p.
- Assiri A. A., Kébé B. I., Deheuvelds O. & Pétiuguenin P. (2003). Production cacaoyère en Côte d'Ivoire : état actuel du verger et pratiques paysannes. 14ème Conférence Internationale de la 48 recherche sur le cacao, Accra, Ghana, 18-23 octobre 2003. COPAL (Ed.), Vol. 2 : 1157- 1166.
- Assiri A.A., Yoro G.R., Deheuvelds O., Kébé B.I., Kéli Z.J., Adiko A. & Assa A. (2009). Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2(1) : 55-66.
- Association Ivoirienne des Sciences Agronomiques (AISA). (2005). Agronomie africaine, Revue scientifique, 71 p.
- Attobra A., N'diaye O., Toguila B., Konan A., Dian K., Obouayeba S., Gnagne M., Soumahoro B., Doumbia A., Kouamé N. V., Yapi H., Bouadou A., Adje M., Tieha V., Sangaré H., Mobio N., Kouassi B. & Konan N. (2013b). Mise en place et entretien des cultures immatures d'hévéa. Guide du conseiller agricole FIRCA APROMAC (2), 56 p.
- Attobra A., N'diaye O., Toguila B., Konan A., Dian K., Obouayeba S., Gnagne M., Soumahoro B., Doumbia A., Kouame N. V., Yapi H., Bouadou A., Adje M., Tieha V., Sangare H., Mobio N., Kouassi B. & Konan N. (2013c). Gestion des plantations matures d'hévéa. Guide du conseiller agricole FIRCA APROMAC (2), 42 p.
- Attobra A., N'diaye O., Toguila B., Konan A., Dian K., Wahounou P. J., Obouayeba S., Gnagne M., Koné D., Soumahoro B., Doumbia A., Anodjo M. V., Yapi H., Bouadou A., Adje M., Tieha V., Sangaré H., Mobio N., Kouassi B. & Konan N. (2013a). Maladies et ravageurs de l'hévéa. Guide du conseiller agricole FIRCA APROMAC (4), 94 p.
- Avelino J., & Rivas G. (2013). La roya anaranjada del cafeto. Archives Ouvertes, hal-010710.

- Bahan F. (2016). Programme riz. Rapport annuel d'activités de recherche 2015, CNRA Man (Document interne), 43 p.
- Bahan F., Kéli Z.J., Yao K.A., Gbakatchéché H., Mahyao A., Bouet A. & Camara M. (2012). Caractérisation des associations culturales à base de riz (*Oryza sp*) : cas du Centre-Ouest forestier de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 56 : 4118 – 4132.
- Bakayoko S., Soro D., Kouadio K. K. H., Konan-Waidhet A. B. & Angui P. (2013). Characteristics of Tonkpi Mountain soils and plateaus soils in West Côte d'Ivoire » [archive], sur *.heraldjournals.org*,
- Baldy C. & Stigter C.J., 1993. Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes. INRA Ed., Paris, France, 245 p.
- Balogoun I., Saïdou A., Ahoton E. L., Amadji I. G., Ahohuendo C. B., Adebo I. B., Babatounde S., Chougourou D., Adoukonou-sagbadja H. & Ahanchede A. (2014). Caractérisation des systèmes de production à base d'anacardier dans les principales zones de culture au Bénin. *Agronomie africaine*, 26 (1) : 9 – 22.
- Bamba V. (2013). Etude comparative des coûts d'entretien du sol en culture immature d'hévéa. *Agronomie Africaine*, 24(2) : 143 – 150.
- Bé F. (2003). Analyse de la production de la filière banane, faits et perspectives, cas de la province de Tananarive. Mémoire de maîtrise en sciences économiques, Faculté de Tamatave, Madagascar, 55 p.
- Besse P. (1993). Identification des clones cultivés et analyse de la diversité génétique chez *Hevea brasiliensis* par R.F.L.P. Thèse de Doctorat, Université Paris XI Orsay, 114 p.
- Boko C. & Tahouo O. (2012). Associer des cultures vivrières à l'hévéa pour diversifier les sources de revenu en Côte d'Ivoire. Rapport annuel (Le CNRA en 2012) CNRA-Direction des Innovations et des systèmes d'information, 52 p.
- Bouchou J. G. (1963). La biologie de l'hévéa. Manuel du planteur de l'hévéa, S.E.T.C.O, Paris, 50 p.

- Boyne A. F. & Ellman G. I. (1972). A methodology for analysis of tissue sulphydryl Components. *Ann. Biochem*, 46 : 639–653.
- Bridson D. M. (1987). Nomenclatural notes on *Psilanthus*, including *coffea* sect. *Paracoffea* (*Rubiaceae* tribe *Coffeae*). *Kew Bulletin*, 42: 817-859.
- Bridson D. M. & Verdcourt B. (1988). "Flora of tropical east Africa - *Rubiaceae*." (Polhill R. M., Ed) Part 2, 727 pp.
- Brou O. L., Assouma Y. Y., Guéi L. A. F. & Ayébi N. D. (2005). Etude Socio-Economique du Projet Ochratoxine A. Rapport final Projet FAO, GCP/INT/743/CFC. 145 p.
- Brou Y. T. (2002). Modes d'exploitation des terres et gestion de la fertilité du sol en zone périurbaine : cas du village d'Allokokro, commune de Bouaké (Côte d'Ivoire). DESS, Faculté Agronomique de Niamey, Niger, 42 p.
- Camara M. & Koffi K. A. (2004). Monographie de la région semi-montagneuse de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. CNRA-Man, Centre National de Recherches Agronomiques, Abidjan, côte d'Ivoire, 66 p.
- Chapman C. W. (1951). Plant hormones and yield in *Hevea brasiliensis*. *Journ. R.R.I.M.*, 13, 167 p.
- Charrier A. & Eskes A. B. (1997). "Les caféiers" (Charrier A., Jacquot M., Hamon, S. et Nicolas D., Eds) Paris.
- Chrestin H., Bangratz J., D'auzac J. & Jacob J.L. (1984). Role of lutoidic tonoplast in the senescence and degeneration of the laticifers of *Hevea brasiliensis*. *Z. Pflanzenphysiol*, 114 : 261-268.
- CIRAD (1997). Le caoutchouc naturel. Salon international de l'agriculture 1997, Direction des relations extérieures, 23 février – 02 mars 1997, Paris, France, 16 p.
- CNRA, 2017 : La direction régionale du CNRA de Man en quelques mots et chiffres, Document interne, 12 p.
- CNRA-Man (2016). Station météorologique du CNRA Man (pluviométrie 2016). Document interne, 12 p.

- Coffee Research Institute (CRI). (2006). Arabica and Robusta Coffee Plant. Retrieved June 25, 2015, from <http://www.coffeeresearch.org/agriculture/coffeeplant.htm> »;
- Colin J. P. (1990). La dynamique des systèmes productifs agricoles en basse Côte d'Ivoire. In : *Dynamique des systèmes agraires. La dimension économique*. ORSTOM et CNRS, Paris, 165-190.
- Combe J.-C. & Plessix C. J. D. (1974). Étude du développement morphologique de la couronne de *Hevea brasiliensis* (Müll. Arg. Euphorbiacées-Crotonoïdées). *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 4 : 207-228.
- Commodafrica (2019). <http://www.commodafrica.com/01-02-2019-les-exportations-de-cafe-de-cote-divoire> consulté le 05/10/2020.
- Commodafrica (2020a). <http://www.commodafrica.com/05-10-2020-en-201920-la-consommation-africaine-de-cafe-croit-plus-que-sa-production> consulté le 05/10/2020.
- Commodafrica (2020b). <http://www.commodafrica.com/02-06-2020-les-exportations-de-cafe-baissent-lexception-de-lafrique> consulté le 05/10/2020.
- Compagnon P. (1986). Le caoutchouc naturel, biologie – culture – production. *Maisonneuve et Larose*, Paris (France), 583 p.
- Coulibaly L. F., Diarrassouba M., Obouayeba S., Yapi G. C. V. & Ake S. (2011). Système d'exploitation en saignée inversée du clone PB 235 d'*Hevea brasiliensis* en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 9(2) : 1147 – 1160.
- Coulibaly L. F., Traoré M. S. & Kouamé N. M. T. (2018). Incidence des fortes fréquences de stimulation hormonale sur deux régimes de saignée descendante du clone PB 215 : Faible (d6) et Modéré (d4), Au Sud-Est De La Côte D'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14 : 499-516.
- Cozil (2020). <https://cozil.fr/plan-du-site.html> visité le 30/09/2020.
- Daly M. S. (2008). Pratique concurrentielle sur les terres disponibles et les productions collectées dans les plantations villageoises et mise en place d'une stratégie de

- veille. Mémoire de fin de cycle ingénieur agronome. ESA /INP-HB (Côte d'Ivoire). 50 p.
- DaMatta F. M., Ronchi C. P., Maestri M. & Barros R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 26 p.
- Davis A. P., James T., Nicolas R. & Michael F. F. (2011). Culture de café : *Psilanthus* (Rubiaceae) englobé sur la base de données moléculaires et morphologiques ; implications pour la taille, la morphologie, la distribution et l'évolution. *Journal botanique de la linnean Society* 167 (4) : 357-377.
- De Pardillac R. (1986). L'importance économique et l'avenir du caoutchouc naturel : Le caoutchouc naturel. *Maisonneuve et Larose*, Paris, France, pp. 15 – 39.
- Deheuvels O., Assiri A.A., Pétithuguenin P., Kebé B.I. & Flori A. (2003). Production cacaoyère en Côte d'Ivoire : Etat actuel du verger et pratiques paysannes. *14ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 18-23 octobre 2003, Accra, Ghana, pp 1157-1166.
- Descroix F, & Snoeck J. (2004). Environmental factors suitable for coffee cultivation: In: Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders, and researchers. Weinheim: Wiley-CH, 1021 p. [[Google Scholar](#)]
- Devi R. R., Ali I. & Maji T. K. (2003). Chemical modification of rubber wood with styrene in combination with a cross linker: effect on dimensional stability and strength property. *Bio resource Technology*, 88 : 185 – 188.
- Dibi K., Boko C., Obouayeba S., Aby N. & Anno A. P. (2009). Premières observations sur la maladie des éclatements d'écorce de l'hévéa sur le clone PB260 au Sud-est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 23: 10 p.
- Dibi K., Boko C., Obouayeba S., Aby N. & Anno A.P. (2009). Premières observations sur la maladie des éclatements d'écorce de l'hévéa sur le clone PB260 au Sud-est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 23 : 1377 – 1386.

- Diby H. J. C., Koffi S. Y. & Assi J. P. K. (2017). Impacts Environnementaux De L'hévéaculture Dans Le Département D'aboisso, Sud-Est De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 13 : 91-108.
- Direction Générale de l'Aménagement du Territoire et du Développement Régional (DGATDR). (2015). Etudes monographiques et économiques des districts de Côte d'Ivoire ; district du bas-sassandra. Note de synthèse. 70 p.
- Djallo E., Aletheia D. & Rouanet L. (2017). Enquête de référence de l'évaluation d'impact des subventions des plants à coût partagé du Projet d'Appui au Secteur Agricole en Côte d'Ivoire. Rapport PSAC, Abidjan (Côte d'Ivoire), 86 p.
- Djemaoun N. (2017). Contrôle de la qualité physico-chimique et analyse sensorielle d'un mélange de café (Robusta et Arabica). Mémoire de Master en nutrition et alimentation, Département des sciences de la vie et de l'univers, Université Aboubekr Belkaid – Tlemcen, Algérie, 94 p.
- Doré T., 2004. Notion d'itinéraire technique et système de culture. *In* : Gestion des peuplements végétaux et des ressources du milieu. INA P-G, pp. 233 - 238.
- DSSPHMP (2009). Contexte socio-économique en Côte d'Ivoire. Rapport de la Direction des Services Socioculturels et de la Promotion Humaine de la Mairie du Plateau, 62 p.
- Dusotoit C.A. (2009). Caractérisations physiologique et moléculaire des transporteurs de sucres et de polyols des cellules laticifères chez *Hevea brasiliensis*, en relation avec la production de latex. Thèse de Doctorat en Physiologie et Biologie Moléculaire Végétale, Université Blaise Pascal (Montpellier, France), 346 p.
- Eccardi, F., & Sandalj, V. (2002). Coffee: A celebration of diversity. *Trading Company*.
- Ecofin Agence (2021). Côte d'Ivoire : la production de caoutchouc naturel a atteint 950 000 tonnes en 2020. *Publier le 25/03/2021 à 12h15*, www.agenceecofin.com ; consulté le 25/06/2021.
- Eponon C., Snoeck D., Kassin E., Keli J. & Kone D. (2017). Diagnostic agronomique des pratiques culturelles paysannes dans les vergers caféiers de Côte d'Ivoire. *Cahier agriculture*, 26(4) : 1-9.

- Eschbach J. M., Roussel D., Van D. S. H. & Jacob J. L. (1984). Relationships between yield and clonal physiological characteristics of latex from *Hevea brasiliensis*. *Physiol. Vég.*, 22(3) : 295-304.
- Essehi J. L. (2019). Valorisation agronomique des déchets de ferme par compostage pour une production durable de matériel végétal de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Müll Arg) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Felix Houphouet Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 164 p.
- Esso L. J. (2009). Dynamique des recettes du café et du cacao en Côte d'Ivoire. Cellule d'analyse de politiques économiques du CIRES (juillet 2009), 19 p.
- FAO (2007). The State of World Fisheries and Aquaculture, Rome, Italie, 131 p.
- FAOSTAT (2015). Production ivoirienne de café. http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/F. [Google Scholar] consulté le 06/10/2020.
- Garrido A. (2010). Effets de l'ombrage sur la rouille orangée du caféier via la caractérisation du microclimat. Mémoire de fin d'étude, Ecole Supérieure de l'Agriculture, Angers, France, 60 p.
- George P. J. & Kuruvilla J. C. (2000). Natural rubber - Agromanagement and crop processing. *Rubber Research Institute of India*, Kottayam, India, 648 p.
- Ghosh P. K. (2004). Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-aride tropics of India. *Field Crops Research* 88: 227- 237.
- Gilot C., Lavelle P., Blanchart E., Kéli Z. J., Kouassi P. & Guillaume G. (1993). Biological activity of soil under rubber plantations in Côte d'Ivoire. Dans XI International Colloquium on Soil Zoology, Jyväskylä, Finland, 10 – 14 August, 1992, Acta Zool. Fennica 196, Helsinki, pp. 186 – 189.
- Gilot C., Lavelle P., Blanchart E., Kéli Z.J., Kouassi P. & Guillaume G., (1993). Biological activity of soil under rubber plantations in Côte d'Ivoire. *6th International*

- Colloquium on Soil Zoology (Acta Zool)*, 10 – 14 August, 1992, Helsinki, pp. 186 – 189.
- Gnagne Y. M., Dalmeida J., Elabo A. E. E. & Wahounou P. J. (2016b). Identification des clones d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) en jardin à bois de greffes et au champ en Côte d'Ivoire. *Atelier regional de International Rubber Research and Development Board (IRRDB) 2016* (Livre des résumés), 28-30 Septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, p 8.
- Gnagne Y. M., Elabo A. E. E., Wahounou P. J. & Obouayeba S. (2016a.) Facteurs de marginalité à l'hévéaculture dans l'ancienne boucle du cacao, au centre-est de la Côte d'Ivoire. *Atelier regional de International Rubber Research and Development Board (IRRDB) 2016* (Livre des résumés), 28-30 Septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, pp 24-25.
- Gohet E. (1996). La production de latex par *Hevea brasiliensis*. Relation avec la croissance. Influence de différents facteurs : Origine clonale, stimulation hormonale, réserves hydrocarbonées. Thèse de doctorat d'Université, Université Montpellier II. Sciences et Techniques du Languedoc., France, 343 p.
- Gohet E., Lacrotte R., Obouayeba S. & Commere J. (1991). Tapping systems recommended in West Africa. In *Proc. Rubb. Res. Inst. Malaya Rubber Growers' Conference 1991*, pp. 235 - 254.
- Gohet E., Prévôt J.C., Eschbach J.M., Clément A. & Jacob J.L. (1996). Hevea latex production, relationship with tree growth, influence of clonal origin and Ethrel stimulation. *IRRDB* (Editor), Symposium on physiological and molecular aspects of the breeding of *Hevea brasiliensis*, Brickendonbury, pp 200-216.
- Gonzalez I.A. (2013). Quelles stratégies de gestion pour la rentabilité des systèmes agroforestiers : modélisation technico-économique des agro-forêts cacaoyers et caféiers améliorées au Cameroun. Master en Sciences, Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (Montpellier, France), 128 p.
- Hirsch R. (2002). L'hévéaculture ivoirienne après les privatisations et la libéralisation de la filière. Essai de Bilan. Paris, AFD.

- Horent P. (1976). Remplacement de la forêt par des plantations de type industriel. Première approche des conséquences bioclimatiques. Mémoire de Maîtrise Faculté des Lettres et Sciences Humaines Département de Géographie Université d'Abidjan - Côte d'Ivoire, 75 p.
- ICCO (2014) Rapport de la conférence mondiale sur le cacao 2014. Amsterdam. 17 p.
- ICCO (2015). What are the effects of intensive commercial production of cocoa on the environnement ? Westgate House W5 1YY, United Kingdom. Rapport Annuel ICCO, 25 p.
- IRRDB (1996). Symposium on farming system aspects of the cultivation of natural rubber (hevea brasiliensis), IRRDB, Beruwala. 150 p.
- Jacob J. L., Lacrotte R., Serres E. & Roussel D. (1987). Les paramètres physiologiques du latex d'*Hevea brasiliensis*. Le diagnostic latex, ses bases, sa mise au point. IRCA (Document interne), 41 p.
- Jacob J. L., Prévôt J.C., Lacrotte R. & Eschbach J. M. (1995), Le diagnostic latex. Fiche technique. CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France 5 p.
- Jacob J. L., Prévôt J. C., Roussel D., Lacrotte R., Serres D., d'Auzac J., Eschbach J. M. & Omont H. (1989). Yield-limiting factors, latex physiological parameters, Latex Diagnosis and clonal typology. *Physiology of Rubber Tree Latex. Boca Raton*, 345 – 403.
- Jacob, J. L., Serres, E., Prévot, J. C., Lacrotte, R., Vidal, A., Eschbach, J. M. & D'auzac, J. (1988). Mise au point du diagnostic latex chez l'hévéa. *Agritrop*, 12(12) : 97-118.
- Jacquard P., 1982. Dynamiques des relations de concurrence interspécifiques, interpopulations et intrapopulations : modèles prévisionnels et de simulation. *Act. Oecologia Oecol. Generalis*, 3 (1), pp. 183 – 215.
- Jayaraman K. (1999). Manuel de statistique pour la recherche forestière. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture ; Coopération Hollandaise ; Commission Européenne, 242 p.

- Jobbe-Duval B. (1992). “ Cultures associées à l'hévéa, des cultures permanentes possibles ? ”. *Document interne CIRAD*. 10 P.
- Jouve P. (1989). La comparaison d'itinéraires techniques : une méthode d'expérimentation agronomique en milieu réel. *Cahiers de la recherche développement*, n° 6. 39 p.
- Kassin K. E. (2009). Études des conditions pédoclimatiques pour la replantation cacaoyère au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire : cas des départements de Divo et Gagnoa. Thèse de Doctorat unique de l'UFR STRM, Université de Cocody - Abidjan, Côte d'Ivoire, 112 p.
- Kébé I., Koffi N., Konan A., Légnaté N., Yapo A., Konan A. & Irié B. Z. (2005). Bien cultiver le caféier Robusta en Côte d'Ivoire ; Direction des programmes de recherche et de l'appui au développement - Direction des innovations et des systèmes d'information CNRA, Côte d'Ivoire, 45 p.
- Kéli Z. J., Yoro G., Kouassi P., Martin A., Gilot C., Blanchard E., Olivier R., Eschbach J. M. & Leterme P. (1993). Caractérisation physique, chimique et biologique de sols observés sous plantations d'hévéas d'âges différents et sous forêt dans deux zones écologiques différentes de Côte d'Ivoire. Rapport IRCA-DEA n° 36/93 – T, 9 p.
- Kéli Z. J. (1988). Enquêtes préliminaires sur les systèmes vivriers dans trois zones hévéicoles de basse Côte d'Ivoire : Anguédédou, Dabou, Bouna. *Les cahiers de la recherche-Développement*, 18 : 38-47.
- Kéli Z. J. (2003). Programme de deuxième génération. Commission : Cultures d'exportation. Document de travail CNRA, Côte d'Ivoire, 139 p.
- Kéli Z. J. (2009). La direction régionale du CNRA de Man en quelques mots et chiffres. Document interne CNRA Man, Côte d'Ivoire, 12 p.
- Kéli Z. J. (1992). Note de synthèse sur la contribution de l'hévéaculture à la régénération des jachères. Atelier international sur la régénération des jachères en Afrique tropicale humide, 5 p.
- Kéli Z. J., Assiri A. A. & Zakra A. N. (2005a). Associations culturales à base de plantes pérennes en Côte d'Ivoire : Bilan et perspectives. *Scien. et Nat.* 2(2) : 193-207.

- Kéli Z. J., Assiri A. A., Koffi N., N’Goran J. & Kébé B. I. (2005b). Evolution de l’amélioration variétale du cacaoyer et des systèmes de production de la cacaoculture en Côte d’Ivoire. *Sciences & Nature*, 2(2) : 209-218.
- Kéli Z. J., Boko C., Assiri A. A., Hubert O., Obouayeba S. & Doumbia A. (2006). Comment associer les cultures vivrières à l’hévéa en milieu paysan ivoirien. Direction des programmes de recherche et de l’appui au développement - Direction des innovations et des systèmes d’information CNRA (Côte d’Ivoire), 2 p.
- Kéli Z. J., Kpolo, D. M., Déa, G. B., Boa, D. & Allet-Don A., (1997). L’hévéaculture en Côte d’Ivoire : Situation actuelle et perspectives. *Plantations, Recherches, Développement* 4(1) : 5 – 11.
- Kéli Z. J., Obouayeba S. & Zehi B. (1992). Influence de quelques systèmes vivriers sur le comportement des jeunes hévéas en basse Côte d’Ivoire. *Systèmes Agricoles en Afrique*, 2(1) : 41-48.
- Kéli Z. J., Omont H. & Hainnaux G. (1990). L’association temporaire hévéas-vivriers dans le Sud de la Côte d’Ivoire. *Rév. Gén. Des Caoutchoucs et Plastiques*, 701 : 121-187.
- Kéli Z. J., Omont H., Assiri A. A., Boko K. A. M.-C., Obouayeba S., Déa B. G. & Doumbia A. (2005c). Associations culturales à base d’hévéa : bilan de 20 années d’expérimentations en Côte d’Ivoire ; partie I : comportement végétatif ; *Agronomie africaine*, 17(1) : 37-52.
- Kéli, J. Z. et de la Serve, M. (1988). Association temporaire hévéa-vivriers en basse Côte d’Ivoire. 65: 95-106.
- Kéli, Z. J., Omont, H. & Hainnaux, G. (1991). Comportement de jeunes heveas dans leur association avec des vivriers en Basse Cote d’Ivoire. *Agron. Afr.* 3(2).
- Killmann W. & Hong L.T. (2000). Le bois d’hévéa – succès d’un sous-produit agricole. *Unasylva*, 201(51) : 66-72.
- Koffi K. E., Elabo A. A. E. & Gnagne Y. M. (2004). Qualité sélective des paramètres physiologiques dans la sélection précoce de l’hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). *Agronomie Africaine*, 16(3) : 1-10.

- Koffi N., Seudieu D. & Legnaté H. (2013). Programme de relance caféière en Côte d'Ivoire. Rapport final du projet « Relance caféière », Côte d'Ivoire, 90 p.
- Koko L. K., Kassin K. E., Yoro G., N'Goran K., Assiri A. A. & Yao-Kouamé A. (2009). Corrélations entre le vieillissement précoce des cacaoyers et les caractéristiques morpho-pédologiques dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 24 : 1508-1519.
- Konan A., Boko K. A. M.-C, Attobra A., (2016). Mise à disposition de matériel végétal de qualité aux planteurs d'hévéa de Côte d'Ivoire : expérience de l'APROMAC ATELIER IRRDB- les 28-29-30/09/2016
- Konan A., Boko K. A. M.-C, Attobra A., (2016). Mise à disposition de matériel végétal de qualité aux planteurs d'hévéa de Côte d'Ivoire : expérience de l'APROMAC. *Atelier regional de International Rubber Research and Development Board (IRRDB) 2016* (Livre des résumés), 28-30 Septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, pp 63-64.
- Konate Z, Assiri A. A, Messoum F. G, Sekou A, Camara M, Yao-Kouame A. (2015). Antécédents cultureux et identification de quelques pratiques paysannes en replantation cacaoyère en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 27 (3): 301–314.
- Koné D. (2013). Caractérisation des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers : cas des départements de Divo, Oumé et Tiassalé. Mémoire de diplôme d'ingénieur agronome. INPHB, (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire) 86 p.
- Koua AHG. 2007. Situation de la production de café en côte d'ivoire : cas du département d'Aboisso. Disponible sur http://www.memoireonline.com/10/07/663/m_situation-production-cafe-cote-d-ivoire-aboisso3.html. [Google Scholar]
- Koua S. H., Coulibaly N. A. M. D. & Alloueboraud W. A. M. (2018). Caractérisation des vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire : cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(3) : 5706-5714.

- Kouamé D. P. E. (2014). Le développement de l'hévéaculture les mutations agricoles et spatio-foncieres a Songon, *European Scientific Journal*, 10(35) : 14 p.
- Kouassi B. S. T. (2018). Défis de politique, de développement et de durabilité du caoutchouc naturel en Côte d'Ivoire, International Rubber Conference and IRRDB Annual Meeting, 22- 24 october 2018, Abidjan, Côte d'Ivoire, 16 p.
- Kouassi K. G. (2010). Analyse technique et socio-économique de l'exploitation agricole de M. Djato Emmanuel à Emmanuel-Bango (département de San Pedro). Diplôme d'agronomie générale, Ecole supérieure d'agronomie RDC, 60 p.
- Kouassi Y. F., Angui K.T.P. & Savane I. (2010). Influence de quelques fractions d'éléments grossiers sur l'humidité du sol à la capacité au champ sous culture intensive au sud de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 15 : 127 – 138.
- Lamah D. (2013). L'insertion de la caféiculture dans les structures de production en Guinée forestière. Thèse de doctorat à l'Université Toulouse 2 Le Mirail (UT2 Le Mirail). 491 p.
- Laurance W. F., Nascimento H. E. M., Laurance S. G., Condit R., D'Angelo S. & Andrade A. (2004). Inferred longevity of Amazonian rainforest trees based on a long-term demographic study. *Forest Ecology and Management*, 190: 131-143.
- Le Figaro (2021). Caoutchouc : la Côte d'Ivoire, 1^{er} producteur africain, désormais 4^e mondial. *Le figaro avec l'AFP du 23/03/2021 à 17h34*, www.amp-lefigaro.fr.cdn.ampproject.org ; consulté le 25/06/2021.
- Lebrun J., (1941). Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo Bruxelles, 184 p
- Leroy J.F. (1980). Evolution et taxogenèse chez les caféiers (*Coffea* L., *Psilanthus* Hook. f. et *Nostolachma* Durand). Hypothèse sur leur origine. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris, France, 4 p.
- Losch B. (1983). L'hévéaculture villageoise en Côte d'Ivoire. Mémoire de DESS, Université de Montpellier I (Montpellier, France), 120 p.

- Louarn J. (1982). Bilan des hybridations interspécifiques entre caféiers africains diploïdes en collection en Côte d'Ivoire. 10th international colloquium on coffee ASIC, 11-14 October 1982, Salvador, Bahia, Brésil, pp 1-10.
- Mahé L. (2007). Contribution à l'amélioration génétique de la résistance des caféiers (*Coffea arabica* L.) à la rouille (*Hemileia vastatrix*). Thèse de doctorat, École doctorale: Biologie des Systèmes Intégrés, Agronomie et Environnement, Spécialité: Ressources Phytogénétiques et Interactions Biologiques, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques, Montpellier, France, 170 p.
- Mameri C. (2019). Pratiques agricoles de la région montagneuse de la Côte d'Ivoire. *Universitaires Européennes*, Man (Côte d'Ivoire), 69 p.
- Marquette J. (1991). “ Projet de cultures associées à l'hévéa ”. Mission d'appui à l'IRCA au Gabon du 4 au 9 Novembre 1991. Rapport de mission, CIRAD-CA. Montpellier , France. 15 p.
- Martin J. P. (1970). Le caféier. Cours ENSA Abidjan 1969-1970. 75 p.
- Mazaheri D., Madani A. & Oveysi M. (2006). Assessing the land equivalent ratio (LER) of two corn (*Zea mays* L.) varieties intercropping at various nitrogen levels in Karaj, Iran. *Journal of Central European Agriculture* 7 (2): 359-364.
- Mead R. & Willey R.W. (1979). The concept of land equivalent ratio and advantage in yield from intercropping. *Experimental Agriculture* 16: 217-228.
- Mead R. & Willey R.W. (1980). The concept of land equivalent ratio and advantage in yield from intercropping. *Experimental Agriculture.*, 16: 217-228.
- Michon G. & De Foresta H., (1991). Agroforesteries indonésiennes : systèmes et approches. Orstom, Paris, France, 12 p.
- Montagnon C., Cubry P. & Leroy T. (2012b). Amélioration génétique du caféier *Coffea canephora* Pierre: connaissances acquises, stratégies et perspectives. *Cah Agric* 21 p.

- Montagnon C., Leroy T., Yapo A., (1992). Diversité génotypique et phénotypique de quelques groupes de caféiers (*Coffea canephora* Pierre) en collection. Conséquence sur leur utilisation en sélection Café Cacao Thé. 36 (3) : 187-198 pp
- Mouen B. J. A., Dufour B. P., Cilas C. & Avelino J. (2012). Effets des arbres d'ombrage sur les bioagresseurs de *Coffea arabica*. *Cahiers Agricultures*, 21(2-3) : 89-97.
- Muoneke C. O., Ogwuche M. A. O. & Kalu B. A. (2007). Effect of maize planting density on the performance of maize/soybean intercropping system in a Guinea savannah agroecosystem. *African Journal of Agricultural Research* 2 (12): 667-677.
- N'Cho A. S. (2001). Analyse des systèmes de production en zone forestière ivoirienne : cas de Gagnoa. Mémoire de D.A.A., Ecole Supérieure d'Agronomie, (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire), 68 p. + annexes.
- Nadarajah M., Abeysinghe A., Dayaratne W. C. & Thermalingam R. (1973). Potentialities of rubber seed collection and its utilization in Sri Lanka. *Sri Lanka Bulletin*, 8 (1), pp. 9 – 21.
- Ndabalishye I. (1995). Agriculture vivrière Ouest-africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire : monographie. Document interne IDESSA, (Bouaké, Côte d'Ivoire), 383 p.
- Ndakidemi P. A. (2006). Manipulating legume/cereal mixtures to optimize the above and below ground interactions in the traditional African cropping systems. *African Journal of Biotechnology* 5 (25): 2526-2533.
- Ndong A. N. (2007). Importance de l'association des clones d'hévéas dans L'amélioration de la production du caoutchouc en plantations industrielles Au Gabon. *Tropicultura*, 25(2) : 66-69.
- Obouayeba S, Boa D, Gohet E, Dian K, Ouattara N. & Kéli J. (2000). Dynamics of vegetative growth of *Hevea brasiliensis* in the determination of tapping norms. *J. Rubb. Res.*, 3(1) : 53 – 62.
- Obouayeba S. (1991). Cultures vivrières intercalaires des jeunes hévéas en milieu villageois du sud-est de la Côte d'Ivoire. *Systèmes Agricoles en Afrique*, 1(2) : 21-32.

- Obouayeba S. (1992). Intérêt agro-économique de l'association hévéas - cultures vivrières en milieu villageois de la Côte d'Ivoire analyse d'un modèle de plantation. *Agronomie Africaine*, 4(1) : 21 – 23.
- Obouayeba S. (2005). Contribution à la détermination de la maturité physiologique de l'écorce pour la mise en saignée d'*Hevea brasiliensis* Müell. Arg. (Euphorbiaceae) : Normes d'ouverture. Thèse de Doctorat Unique, UFR Biosciences Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 225 p
- Obouayeba S., (1995). Exploitation de l'hévéa en milieu non industriel. Document de vulgarisation validé, utilisé dans le cadre du projet "Hévéa 5 bis : Recherche-Formation pour le développement des petites et moyennes plantations d'hévéa en Côte d'Ivoire", 14 p.
- Obouayeba S., Atsin G. J. O., Soumahin E. F., Iqbal S. M. M., Essehi J. L., Gohet E., Dian K. & Obouayeba A. P. (2016b). Technologies efficaces de récolte du latex à l'ouverture du clone GT 1 d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) à métabolisme modéré en Côte d'Ivoire. *Atelier régional de International Rubber Research and Development Board (IRRDB) 2016* (Livre des résumés), 28-30 Septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, pp 40-41.
- Obouayeba S., Boa D., Aké S. & Lacote R. (2002). Influence of age and girth at opening on growth and productivity of Hevea. *India Journal Natural Rubber Reserch*, 15 (1) : 66 - 71.
- Obouayeba S., Boko A. M. C., Soumahin E. F., Elabo A. A. E., Dea G. B., N'guessan B. E. A., Kouamé C., Zéhi B. & Kéli Z. J. (2016a). Systèmes de production rurale stables à base d'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) : Synthèse de quarante ans de travaux. *Atelier régional de International Rubber Research and Development Board (IRRDB) 2016* (Livre des résumés), 28-30 Septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, pp 28-29.
- Obouayeba S., Dian K., Boko A.M.C., Gnagne Y.M. & Aké S. (2005). Effect of planting density on growth and yield productivity of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. clone PB 235. *Journal of Rubber Research*, 8 (4): 257-270.

- Obouayeba S., Gnagne Y. M., Wahounou P. J., Boko C., Sylla S., Kéli Z. J. & Déa G. B. (2006). Bien cultiver l'hévéa en Côte d'Ivoire ; *Fiche n° 1*. Direction des programmes de recherche et de l'appui au développement - Direction des innovations et des systèmes d'information CNRA Côte d'Ivoire, 4 p.
- Obouayeba S., Gnagne Y. M., Wahounou P. J., Boko C., Sylla S., Kéli Z. J. & Déa G. B. (2006). Bien cultiver l'hévéa en Côte d'Ivoire ; *Fiche n° 1*. Direction des programmes de recherche et de l'appui au développement - Direction des innovations et des systèmes d'information CNRA Côte d'Ivoire, 4 p.
- Ocho L.A. (1999). Valorisation de la graine d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) : Production, caractérisation physico-chimique de la graine d'hévéa et efficacité alimentaire du tourteau chez le poulet de chair et la pondeuse. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 108 p
- OIC (2019). <http://www.commodafrica.com/05-10-2020-en-201920-la-consommation-africaine-de-cafe-croit-plus-que-sa-production> Consulté le 05/10/2020
- OIC (2020). <http://www.commodafrica.com/02-06-2020-les-exportations-de-cafe-baissent-lexception-de-lafrique>; Consulté le 05/10/2020
- Okoma M., Dian K., Obouayéba S., Elabo A., Gnagne Y. M., Koffi E., Soumahin E. F., Doumbia S. & Kéli J. Z. (2011). Bien diagnostiquer l'encoche sèche chez l'hévéa en Côte d'Ivoire ; *Fiche n° 2*. Direction des programmes de recherche et de l'appui au développement - Direction des innovations et des systèmes d'information CNRA, 2 p.
- Omont H., (1982). "Plantation d'hévéa en zone climatique marginale". *Revue Générale des Caoutchoucs et Plastiques*, 625 : 75 – 79.
- Penot E. & Budiman A. F. S. (1997). " Rubber Agroforestry in Indonesia " in The International Rubber Conference: Rubber Science and Technology : Improving Quality of Life, RRIM, Kuala Lumpur , Malaysia, 1997
- Penot E. & Ollivier I. (2009). L'hévéa en association avec les cultures pérennes, fruitières ou forestières : quelques exemples en Asie, Afrique et Amérique latine. *Bois et forêt des tropiques*, 301(3) : 67-82.

- Penot E. (2001). Stratégies paysannes et évolution des savoirs : l'hévéaculture agro-forestière indonésienne. Thèse de doctorat, faculté des sciences économique, l'Université Montpellier I, France, 144 p.
- Penot, E., 1999. " Historique des innovations techniques en hévéaculture et dynamiques paysannes en Indonésie ". Plantations Recherche Développement, Janvier 2000, CIRAD Montpellier. 8 p.
- Perraud A. (1971). Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. *Mém Orstom*, Paris, France, 50, 127 p.
- Pinard F. (2007). Sur les chemins des caféiers. *Études rurales* : 15-34.
- Randrianjohary A. P. (2016). Le café (*Coffea canephora* et *C. arabica*) Perspectives de développement 18 p. ; <http://docplayer.fr/54914239-Le-cafe-coffea-canephora-et-c-arabica-perspectives-de-developpement-carlton-4-novembre-2016-alain-pierre-randrianjohary.html> visité 13/06/2019).
- REDD+, (2013). Étude coûts-bénéfices de la REDD+ en Côte d'Ivoire et mobilisation des acteurs des grandes filières agricoles et forestières. Rapport, financé et supervisé par EFI, préparé par SalvaTerra et réalisé avec l'aide de l'Union européenne. *European Forest Institute*. 139 p.
- RGPH (2014a). Recensement Général de la Population et de l'Habitat ; Répertoire des localités de la région du tonkpi. INS 2016. 62 p.
- RGPH (2014b). Recensement Général de la Population et de l'Habitat ; Répertoire des localités de la région de San-Pedro. INS 2015. 29 p.
- Robert Y. (2008). Dynamiques agraires et évolution des exploitations hévéicoles dans le sud de la Thaïlande péninsulaire, province de Songkhla. Mémoire d'ingénieur des techniques agricoles, Ecole Nationale d'Ingénieur des Techniques Agricoles de Bordeaux, Institut des Régions Chaudes, SupAgro (Montpellier, France), 72 p.
- Rodrigo V. H. L., Iqbal S. M. M. et Dharmakeerthi R. S. (2011). Potential for rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) Cultivation in the Eastern Province of Sri Lanka. *J.Natn.Sci.Foundation Sri Lanka*, 39 (4), pp. 403 – 411.

- Ruf F. & Allangba K. (2001). Décisions de plantation et replantation cacaoyères. Le cas des migrants Baoulés à Oumé (Côte d'Ivoire). Rapport de la conférence sur l'avenir des cultures pérennes (BNETD & CIRAD) du 5 au 9 novembre 2001, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 36 p.
- Ruf F. & Schroth G. (2013). Économie et écologie de la diversification des cultures pérennes tropicales : enjeux économiques et écologiques de la diversification. Éditions *Quae*, Versailles, France, 26 p.
- Ruf F. (1999). Comment et pourquoi la Côte d'Ivoire produit durablement plus d'un million de tonnes de cacao ? *Afrique Agriculture*, 268 : pp 21-25.
- Ruf F. (2009). L'adoption de l'hévéaculture en Côte d'Ivoire. Prix, imitation et changement écologique. *3èmes journées de recherches en sciences sociales, INRA/SFER/CIRAD, Session : Innovation des agricultures familiales et politiques publiques - Le cas de l'hévéaculture*, 9 – 11 Décembre 2009, Montpellier, France, 22 p.
- Ruf F. (2013). Le boom du caoutchouc en Côte d'Ivoire. Rapport d'étude CIRAD pour le compte de l'IFC, Côte d'Ivoire, 48 p.
- Ruf F., Deheuvels O., Ake Assi L. & Sarpong D. (2006). Intensification in cocoa cropping systems : is agroforestry a solution for sustainability ? The Case of Manso Amenfi, Western region, Ghana. *Quinzième Conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 9-14 octobre 2006, San José, Costa Rica, pp 3-13.
- Ruf F., Salvan M., Kouame J. (2020). Qui sont les planteurs de cacao de Côte d'Ivoire ? Agence française de développement (AFD) édition ; 114 p
- Saint Pierre C. (1989). Agroforestry in tropical China. Traditional systems and current evolution. Mémoire de DEA “ Biologie végétale, option botanique tropicale appliquée ”. Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier.
- Salez P. (1988). Compréhension et possibilités d'amélioration des systèmes de cultures associées céréale-légumineuse à graine dans l'Ouest Cameroun. Thèse de Doctorat-Ingénieur, ENSA, Montpellier, France, 190 p. + annexes.

- Samati K. Z. (2002). Producteurs de café et de cacao face au système de libéralisation de la filière. Ingénieur Agronome (Agroéconomie) Université de Lomé. 73 p.
- Sanchez S. (2002). Synthèse analytique sur l'évolution des systèmes de culture caféiers dans quatre zones de production du moungo, du kupe-muanenguba, et du nkam. Compte-rendu des trois missions réalisées de décembre 2001 à février 2002. CIRAD/IRAD Yaoundé (Cameroun). 52 p.
- Schultes R. E. (1990). A brief taxonomic view of the genus *Hevea*, Kuala Lumpur, 58 p.
- Sebillotte M. (1974). Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.* : 3-25.
- Sébillotte M. (1982). Eléments pour une problématique de recherche sur les systèmes Agraire et le développement : analyse du fonctionnement des exploitations agricoles, trajectoire d'évolution, typologique. Rapport d'étude INRA/SAD, Toulouse, France, pp. 19-29.
- Sebillotte M. (1990). Système de cultures, un concept opératoire pour les agronomes. Rapport de coordination sur les systèmes de cultures, INRA, Versailles, France, 32 p.
- Seibert R. J. (1947). A study of *Hevea* (with its economic aspects) in the Republic of Peru. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 34 : 261-353.
- Snoeck D., Lacote R., Kéli Z.J., Doumbia A., Chapuset T., Jagoret P. & Gohet E. (2013). Association of hevea with other tree crops can be more profitable than hevea monocrop during first 12 years. *Industrial Crops and Products*, 43 : 578-586.
- SODEFOR (1996). Plan d'aménagement de la forêt classée de Bouaflé. Rapport du Ministère de l'agriculture et des ressources animales, Bouaflé, Côte d'Ivoire, 59 p.
- Soumahin E. F. (2010). Optimisation des systèmes d'exploitation en hévéaculture par la réduction des intensités de saignée. Thèse de doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire) 208 p.
- Steiner G. K. (1985). Cultures associées dans les petites exploitations agricoles tropicales en particulier en Afrique de l'Ouest. *Deutsche Gesellschaft für Techn. Zusammenarbeit (GTZ)*, Eschborn, 347 p.

- Tausssky H. H. & Shorr E. (1953). A micro colorimetric method for the determination of inorganic phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 202 : 625–685.
- Thierry M. (2005). Adapter la conduite des plantations d'hévéa à la diversité des exploitations villageoises (Etude de cas au Cameroun). Thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon (Paris, France), 302 p.
- Tié B. T. (1985). Etat comparé des sols dérivés de sables tertiaires sous monocultures de longue durée dans la région d'Anguédédou (Sud de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat 3^e cycle, Faculté des Sciences et Technologie, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 100 p.
- Toguila T. B., N'diaye O. N. & Attobra A. (2016). Dispositif d'assistance technique pour le transfert de technologies aux planteurs d'hévéa en Côte d'Ivoire. *Atelier régional de International Rubber Research and Development Board (IRRDB) 2016* (Livre des résumés), 28-30 Septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, pp 65-66.
- Toledo V. M., & Moguel P. (2012). Coffee and Sustainability: The Multiple Values of Traditional Shaded Coffee. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36(3) : 353–377.
- Traoré M.S. (2014). Effets de différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique sur les paramètres agrophysiologiques des clones d'*Hevea brasiliensis* müll. Arg. (*Euphorbiaceae*), PB 235, PB 260, GT 1 ET PB 217 cultivés au sud-est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, UFR biosciences, Université Félix Houphouët- Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 195 p.
- Traore M. S., Kobenan K., Kouassi K. S. & Gnonhour G. (2009). Systèmes de culture du bananier plantain et méthodes de lutte contre les parasites et ravageurs en milieu paysan en Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.*, 19 : 1094-1101.
- Turner P.D. & Myint U. H. (1980). Rubber diseases in Burma, FAO. *Plant Protection Bulletin*, 28 : 85-91.
- Van De Sype H. (1984). The dry cut Syndroms of *Hevea Brasiliensis*, Evolution, Agronomical and Physiological Aspects. Compte Rendu du Coll. Physiol. Amél. Hévéa., Ed., IRCA-CIRAD : Montpellier, France; 249 – 271.

- Wahounou P. J., Mpika J., Kouadio J. M., Adiko A., Zakra N. & Tahouo O. (2013). Les maladies et les ravageurs de l'hévéa dans les zones de production en Côte d'Ivoire. CNRA-2013, Direction des Innovations et des systèmes d'information CNRA, Côte d'Ivoire, 54 p.
- Waller J. M. (1982). Coffee rust epidemiology and control. *Crop Protection*, 1 : 385–404.
- Webster C. C. E. & Baulkwill W. J. E. (1989). Rubber. *Tropical Agriculture Series (GBR)*, Harlow (GBR): Longman Scientific and Technical, 614p.
- Willey R. W. (1979). Intercropping. Its importance and research needs. Part1.Competition and yields advantage. Part 2. Agronomy and research approaches. *Field cropping Abstracts*, 32 (1), 1-10, 73-85.
- WRB. (2014). A frame work for international classification, correlation and communication. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: IUSS/ISRIC/FAO; World Soil Resources Reports, 106 p.
- Youan Bi T. B. A. (2016). Institutions de microfinance et prêteurs informels de l'agriculture familiale en Côte d'Ivoire: de la cohabitation à la fusion. *Éthique et économique*, 13 (2) : 48-63.
- Zeng H. C., Ho H. H. & Zheng F. C. (2005). *Pythium vexans* causing patch canker of rubber trees on Hainan Island, China. *Mycopathologia*, 159 : 601-606.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'enquête

**THEME : CARACTERISATION DES SYSTEMES DE CULTURES A BASE
D'HEVEA**

**Chercheurs impliqués : Dr KELI Zagbahi Jules ; Directeur de recherche au CNRA
Prof KOUASSI Kouadio Henri ; Maître de Conférence à l'UJLoG
Doctorant KOUADIO Yao Didier Marius ; Etudiant à l'UJLoG et
Stagiaire au CNRA**

N° de la fiche d'enquête.....

Date :...../...../.....

1. ZONE D'INTERVENTION

Région administrative du Tonkpi Département de

S/Préfecture :

Village :

2. IDENTIFICATION DE L'EXPLOITANT

2.1. Composition familiale

Nom du chef de famille :

Age : Genre : M F

Provenance (Village) :..... Ethnie :

Nombre d'actifs agricoles (personnes qui sont dans la même maison qui vont au champ) :

.....

Main d'œuvre : Familiale : Salariale : Mixte :

2.2. Situation foncière

Mode d'acquisition : Héritage Location Don Achat

2.3. Activités principales du chef d'exploitation

Profession principale :

Autres activités :.....

2.4. Cultures pratiquées et Ressources en terre

Tableau 1 : Cultures pratiquées et ressources foncières

cultures / ressources	Surface (ha)	Usage (vente/cons)	Année de création	Année d'entrée en production	Production (Kg ou sacs)
Cultures pérennes					
Cacao					
Colatier					
Palmier					
Café					
Anacardier					
Autre					
Cultures vivrières					
Riz					
Maïs					
Plantain					
Manioc					
Igname					
Arachide					
Autre					
Réserves foncières					
Forêt					
Bas-fonds					
Jachères					
Autres					
Elevage					
	Nombre d'animaux	Usage (vente/cons)	Année de début	Année d'entrée en production	
Volaille					
Porcin					
Caprin					
Ovin					
Bovin					
Autres					

3. CARACTERISATION DES SYSTEMES DE CULTURE

3.1. Antécédents cultureux

Quel était le précédent cultural de l'hévéa ? (Remplir le tableau 2)

Culture Jachère (âge :) Forêt (Qualité :)

Tableau 2 : Précédent cultural

Cultures	Pérennes		Vivrières	
	Café		Riz	
	Cacao		Maïs	
	Colatier		Plantain	
	Palmier		Manioc	
	Anacardier		Igname	
	Autre :		Autre :	

Les plantes qui sont dans la jachère	Pérennes		âge	Vivrières		âge	Autres végétaux		âge
	Café			Riz			Sékou Touré (1)		
	Cacao			Maïs			Fleur Marguerite (2)		
	Colatier			Plantain			Djéka (3)		
	Palmier			Manioc			Autres :		
	Anacardier			Igname					
	Autres :			Autres :					

(1) Chromolaena odorata ; (2) Titonia diversifolia ; (3) Alchornea cordifolia

3.2. Culture de l'hévéa

Pourquoi cultivez-vous de l'hévéa ?

.....

Depuis quand cultivez-vous de l'hévéa ?

.....

Avez-vous abandonné les autres cultures ? Pourquoi ?

.....

Combien de champ d'hévéa avez-vous ?

Tableau 3 : Champs d'hévéa

Champs	Superficie (Ha)	Clones	distance entre les pieds d'hévéas	Matériel végétal planté (plants en sac, jauge)	Distance champ - village
1			Entre les lignes :..... Sur la ligne :.....		
2			Entre les lignes :..... Sur la ligne :.....		
3			Entre les lignes :..... Sur la ligne :.....		
4			Entre les lignes :..... Sur la ligne :.....		
5			Entre les lignes :..... Sur la ligne :.....		
6			Entre les lignes :..... Sur la ligne :.....		

3.3. Association de cultures à l'hévéa

Faites-vous des associations avec l'hévéa ? Oui Non

Quelles cultures associez-vous à l'hévéa ? (Remplir le tableau 4)

Tableau 4 : Cultures associées

Cultures	Distance Hévéa – culture associées	depuis quand faites-vous l'association avec l'hévéa ?	Production de la culture associée (Kg ou sac)	Densité de la culture associée
Cultures pérennes				
Cacao				
Colatier				
Café				
Palmier				
Anacardier				
Autre :				
Cultures vivrières				
Riz				
Maïs				
Plantain				
Manioc				
Igname				
Autre :				

Quelles cultures avez-vous associé à l'hévéa cette année?

.....

Quelles cultures avez-vous associé à l'hévéa l'année passée ?

.....

Quelles cultures avez-vous associé à l'hévéa l'année surpassée ?

.....

Quelles cultures avez-vous associé à l'hévéa l'année passée ?

.....

Comment les cultures associées sont disposées ? Ligne Vrac

Pourquoi ces associations ?

Entretien de l'hévéa Auto consommation Commercialisation

Manque de terre Raisons climatiques (partage de risque)
Raison économique Habitude culturelle Autres

4. SAIGNEE

A quel âge avez-vous commencé la saignée ?.....

Quelle est la fréquence de saignée ? J3 J4

Comment faites-vous la saignée descendante ? Demi-spirale quart de spirale

Comment faites-vous la saignée inversée ? Demi-spirale quart de spirale

Combien de stimulations faites-vous par an ?

Quels sont les produits que vous utilisez pour la stimulation ?
.....

Quelle est votre production mensuelle (en kilogramme) avec l'hévéa?
.....

5. PERSPECTIVES ET IMPACT DE L'HEVEACULTURE

Quelles sont les réalisations que l'hévéa vous permis de faire ?
.....
.....

Quels sont vos projets s'agissant de l'hévéaculture ?
.....
.....

Qu'est-ce-que vous attendez des chercheurs à propos de la culture d'hévéa ?
.....
.....

NB. : L'objectif visé par l'étude est de déterminer une association hévéa-caféier performante pour une utilisation optimale de l'espace agraire.

Ce travail s'articule autour des trois hypothèses ci-après :

- L'hévéa pourrait s'être substitué au caféier dans la dynamique de diversification et de replantation
- L'association rationnelle hévéa-café pourrait être un facteur de stabilisation de ces cultures
- L'association rationnelle hévéa-café pourrait être économiquement rentable

Annexe 2 : Protocole de l'expérience GO.AI.03

**I R C A - COTE D'IVOIRE
ESSAI DE CULTURES ASSOCIEES**

ASSOCIATION HEVEA-CAFEIER

Objet

Cette expérience a pour objet d'étudier dans les conditions du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire une association permanente de l'hévéa planté à différentes densités, au caféier, afin d'identifier des modèles cultureux techniquement possibles et économiquement rentables.

Localisation

Sur la parcelle F du bloc 41 de la plantation expérimentale du Gô.

Dispositif

L'essai est entrepris selon un dispositif en bloc de Fisher avec 5 traitements et 3 répétitions.

Traitements

Dans les 3 traitements, l'hévéa planté à différentes densités dans un dispositif en lignes jumelées, est associé au caféier. Deux traitements servent de témoin : un témoin hévéa et un témoin café.

- 1 – 198 arbres/ha : 33 m entre double-lignes, 3 m entre lignes, 2,8 m entre hévéas.
- 2 - 376 arbres/ha : 16 m entre double-lignes, 3 m entre lignes, 2,8 m entre hévéas.
- 3 - 510 arbres/ha : 11 m entre double-lignes, 3 m entre lignes, 2,8 m entre plants d'hévéa.
- 4 - 510 arbres/ha : 7 m entre lignes simples, 2,8 m entre plants (témoin hévéa).
- 5 - Caféier en culture pure : 1333 plants /ha : 3 m x 2,5 m (témoin caféier).

7.2. Caféier

- Densité de plantation : 1333 plants/ha (3 m x 2 m 50)
- Trouaison : manuelle : 40 cm 40 cm x 40 cm
- Fumure N, P, K, Mg de type 12-0-20-4
 - * N0 : 220 g/pied + 20 g de Pca3
 - * N1 : 450 g/pied
 - * N2 N8 : 750 g/pied
 - * N9 (année de recépage) : 375 g/pied
- Taille de formation : 3 à 4 tiges par emplacement
- Conduite : en croissance libre
- Egourmandage
- Recépage à la neuvième année.

Dimension de l'essai

- Superficie totale : 6,25 ha
- Superficie d'une parcelle élémentaire : 0,3125 ha
- Superficie d'un traitement : 1,25 ha.

Conditions expérimentales

- Type de sol : argilo-sableux gravillonnaire
- Précédent cultural : ancien champ de caféier
- Préparation du terrain : défrichage mécanique, abattage, brûlage et andainage.
- Plantation : mai-juin avec le clone GT 1 planté en sac de 10 mois
- Dispositif : lignes jumelées et lignes simples pour l'hévéa ; lignes simples pour caféier.
- Entretien (manuelle ou par herbicide).

Contrôles

- * Sol : analyse du sol avant la mise en place de l'essai
- * Climat : suivi de la pluviométrie pendant la durée de l'essai
- * Cultures
 - Croissance
 - Production
 - Sensibilité à la casse au vent et aux maladies
 - Production à l'arbre et à l'hectare
 - Evaluation de la rentabilité économique (par confrontation des gains aux coûts).

Annexe 3 : Motivations de l'expérience

Intérêt de l'essai

- Identifier la ou les densités de plantation d'hévéas pour lesquelles l'association hévéa-caféier présente un intérêt économique et technique.
- Utiliser l'hévéa comme une plante de diversification et de stabilisation de la production agricole.

Choix des densités de l'hévéa

- Explorer les réponses d'une large gamme de densités,
- Etablir un parallèle entre cette expérience et l'essai d'association hévéa-cacaoyer au Gabon,
- Comparer les résultats obtenus sur hévéas à ceux de l'expérience d'association permanente hévéa-autres cultures industrielles à Bimbresso.

Choix de la culture associée

- Le caféier, culture très présente dans la région a été retenu.

Références Biographiques

- Essai d'association permanente hévéas-cacaoyers au Gabon (MITZIC)
- Essai d'association permanente hévéas-autres cultures industrielles à Bimbresso (BM .AI.9).

Annexe 4 : Données sur les dispositifs et densités de plantation

Traitement	espacement double-lignes d'hévéas	double-lignes ou lignes d'hévéa par parcelle	lignes de café par interligne d'hévéa ou/parcelle	distance entre hévéa et caféier	nombre d'hévéa par ligne	nombre de caféier par ligne
1	33	4	10	3	18	20
2	16	7	4	3,5	18	20
3	11	9	3	2,5	18	20
4	7 m (lignes simples d'hévéa)	18 lignes par parcelle	-	-	18	-
5	3 m (lignes simples caféier)	-	41 lignes par parcelle	-	-	20

Annexe 5 : Besoins de l'essai

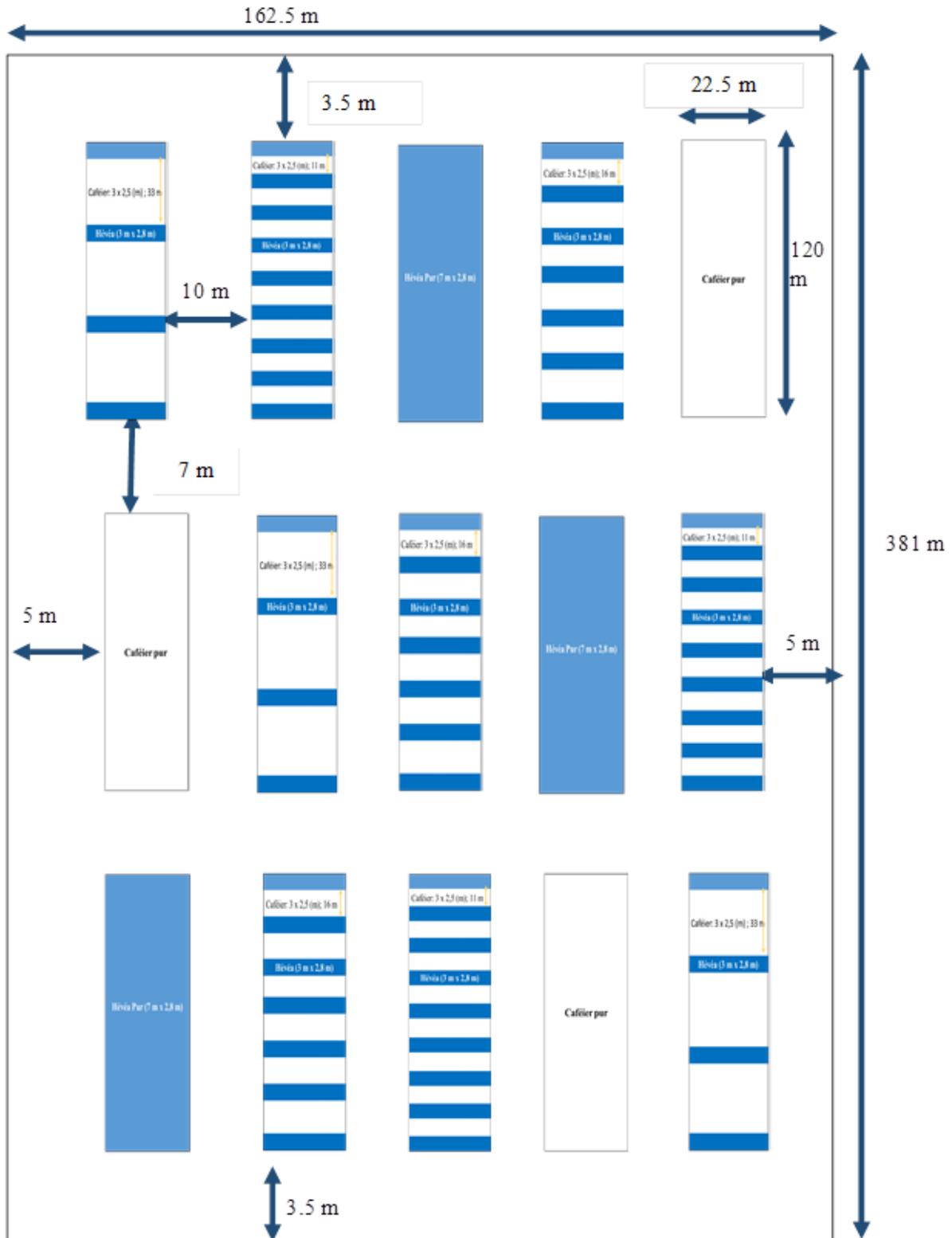
Besoin en matériels végétaux

<i>Traitement</i>	nombre de plants d'hévéa	nombre de plants de caféier
1	288	1200
12	504	960
23	648	960
34	648	-
45	-	1640
Total	2088	4760

Besoins en engrais (en kg).

Année	Engrais	Hévéa	Caféier (N, P, K, Mg (12-0-20-4))
N0	Urée	136	3 g/abr. 4522 → 150
	PCa3	633	42 g/arbre x 190
	KCl	173	20 g/arbre → 91
N1	Urée	136	2142
	PCa3	315	
	KCl	0	
N2	Urée	136	3570
	PCa3	315	
	KCl	0	
N3 et N4	Urée	Diagnostique foliaire	3570
	PCa3		
	KCl		
N5	Urée	0	3570
	PCa3	0	
	KCl	173	
N6 à N8	Urée	0	3570
	PCa3	0	
	KCl	0	
N9	Urée	0	1785
	PCa3	0	
	KCl	0	

Annexe 6 : Schéma du dispositif expérimental



PUBLICATIONS

Publication 1

Dynamics of rubber cultivation in production systems in mountain zone of Côte d'Ivoire

Kouadio Y. D. M.^{1,*}; Bahan F. M. L.² ; Kouassi K. H.¹ ; Keli Z. J.²

¹Université Jean Lourougnon Guédé. UFR Agroforesterie; Département d'Agriculture et foresterie tropical; BP 150 Daloa,

²Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) Man-Côte d'Ivoire. 01 BP 1740 Abidjan 01 (Côte d'Ivoire).

*Corresponding author.

Received: 03 Nov 2020; Received in revised form: 02 Jan 2021; Accepted: 08 Jan 2021;

Available online: 14 Jan 2021

©2021 The Author(s). Published by Infogain Publication. This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Dynamics of rubber cultivation in production systems in mountain zone of Côte d'Ivoire

Kouadio Y. D. M.^{1,*}; Bahan F. M. L.²; Kouassi K. H.¹; Keli Z. J.²

¹Université Jean Lourougnon Guédé. UFR Agroforesterie; Département d'Agriculture et foresterie tropical; BP 150 Daloa,

²Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) Man-Côte d'Ivoire. 01 BP 1740 Abidjan 01 (Côte d'Ivoire).

*Corresponding author

Received: 03 Nov 2020; Received in revised form: 02 Jan 2021; Accepted: 08 Jan 2021; Available online: 14 Jan 2021

©2021 The Author(s). Published by Infogain Publication. This is an open access article under the CC BY license

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract— *In Côte d'Ivoire, rubber cultivation is experiencing spectacular development. With land saturation in its traditional growing zones, rubber trees increasingly occupies new regions, including the west of the country. The objective of this study is to assess the place of rubber trees in the dynamics of production systems in the semi-mountainous region of western Côte d'Ivoire.*

This study was carried out through a survey carried out among nearly 402 rubber planters from the Tonkpi region and part of the Guemon region. A semi-open questionnaire was used to collect data, particularly those relating to the profile of the farmer and the relationships that prevail between rubber trees and other crops.

Data analyzes have shown that the total area of production systems is 2758.12 ha, or 6.86 ha per farmer, and that of rubber trees is 1268.69 ha, or 2.41 ha per farmer. The average age of rubber fields is 8 years in 2019. Rubber plots were established between 1990 and 2019, of which 84 pc between 2007 and 2015. Planters use perennial polyculture in 76.87 pc of cases. Rubber cultivation occupies 46 p.c. of cultivated areas with coffee (45.63 p.c.) as the dominant previous crop. The rubber tree is grown in combination in 67.87 p.c. of cultural situations. Food crops are mostly (86.83 p.c.) used in associations.

Rubber cultivation occupies half of the production system in western Côte d'Ivoire and the relations which prevail between rubber trees and the other components of this system are, on the one part, relations of substitution of rubber for perennial cultures (Coffee) and on the other part relations of association with food crops.

Keywords— *Rubber, Production systems, Previous crop, Cultural association, Man, Côte d'Ivoire.*

I. INTRODUCTION

Since the independence of the Côte d'Ivoire in 1960, its agriculture has been dominated by the coffee-cocoa duo. The fluctuation in world prices of these two crops, coffee and cocoa, observed since the 1980s, has imposed on the State of Côte d'Ivoire a policy of diversification of export crops through the introduction of oil palm, coconut tree, cotton tree, cashew tree, sugar cane and rubber tree (Kéli, 2003). This latter speculation, initially developed by the large-scale farming sector, is now mainly carried out by small peasant farms (Ruf, 2009). First (1st) African

producer of natural rubber since 1997, Côte d'Ivoire is now 6th in the world, with an estimated area of over 534,000 hectares for a production of 603,000 tons of dry rubber in 2017 (Kouassi, 2018).

Thanks to the improvement in the prices of natural rubber, the Côte d'Ivoire has defined a vast program of intensification and extension of rubber cultivation. This program, in support of smallholders, provided for the creation of 30,000 ha per year, with the objective of reaching a production of 600,000 tonnes of rubber by 2020 (Wahounou et al., 2013). But very quickly, the Côte

d'Ivoire was confronted with a land saturation in the traditional areas of rubber cultivation. This has resulted in a remarkable extension of village rubber growing to new geographical areas such as the West (Gnagne et al., 2016a), which until then was a coffee-growing region and where there are already land problems linked to occupation one third (1/3) of its area by mountains and boulders (ANADER, 2014 ; Keli, 2017).

The objective of this study is to determine the place of rubber trees in the dynamics of production systems in western Côte d'Ivoire.

II. RESEARCH PROCEDURE

The site of study

The study was carried out in four (04) departments of the Western Directorate of SAPH (Société Africaine de Plantations d'Hévéa) in the west of Côte d'Ivoire (Figure 1). These are the departments of Biankouma, Danané, Kouibly and Man. The coordinates of the study area are: 7 ° 13'0 "North latitude, 7 ° 40'60" West longitude and 329

m altitude (Anonymous, 2017). The climate there is tropical humid, characterized by a single-mode rainfall, with a long rainy season from March to October (CNRA-Man, 2017). The average annual rainfall from 2013 to 2017 was 1736.72 mm. (CNRA-Man, 2018). The vegetation is dominated by numerous fallows of *Chromolaena odorata* and *Alchornea cordifolia* and of coffee and oil palm plantations (ANADER, 2014; Mameri, 2019). The relief is marked by a set of mountain ranges. In this rocky set of 500 to 1000 m altitude and with steep slopes, the highest summit is Mount Tonkpi which rises to 1189 m altitude (ANADER, 2014). The soils are mainly ferralsols (WRB, 2004). Their cultural suitability is generally good, apart from any physical constraint, breastplate and boulders (Bahan, 2016). The indigenous populations are of the Yacouba (Dan) ethnic group and the Touras. Non-natives from the Center, the North of Côte d'Ivoire and the sub-region represent 30% of the population (Ehua, 2000). The economy is based primarily on cash crops (coffee, cocoa, rubber and oil palm). Finally, the main food crops in the region are rice, cassava and maize.

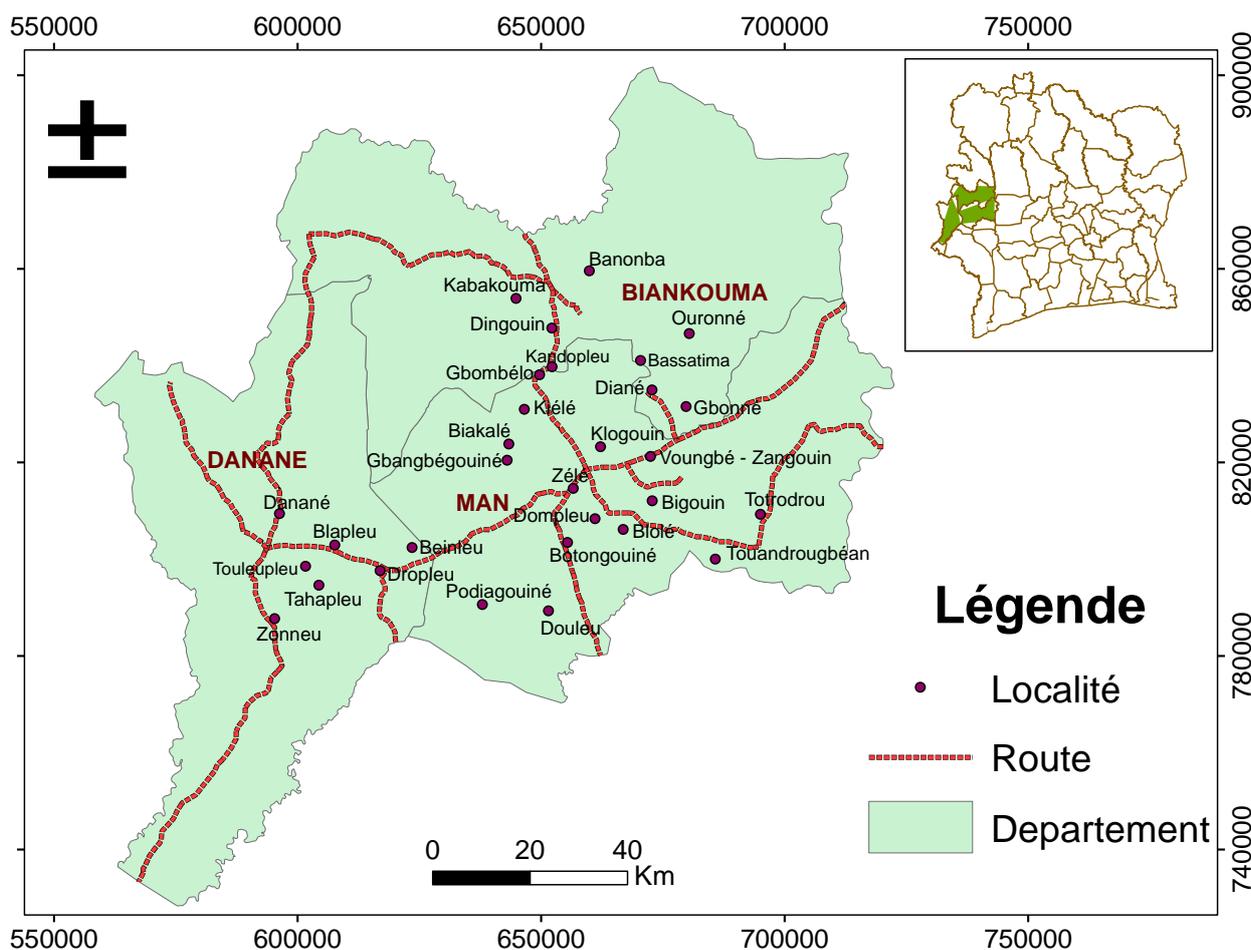


Fig.1: Survey area

Preliminary investigation

A preliminary survey was carried out with resource persons from research and supervisory structures, in order to constitute a database necessary for sampling rubber farms. This database includes the number of rubber planters, the areas of the plots, and the years of creation of rubber fields in the Tonkpi region.

Sampling

The sample was obtained following a random selection carried out among rubber growers in each department so that it is representative. The formula below, which is the one recommended for calculating the size of a finite population sample, allowed us to determine the sample size for a confidence level $s = 95$ pc (very often used level), $t = 1.96$ and the “p” proportion to be estimated is nearly 50 p.c.

$$n = \frac{1.96^2 N}{1.96^2 + (2e)^2 (N - 1)}$$

- N: Size of parent population
- n: Sample size for a parent population
- e: Margin of error that we give ourselves for the size that we want to estimate (for example we want to know the real proportion to within 5 p.c.)

Data collect

Data collection consisted of individual interviews with rubber growers and observations made in the fields. The data collected focused on the areas and the installation dynamics of rubber trees.

Data analysis

The data were entered on Excel 2010 software which was also used to determine the averages, frequencies and to produce the graphs. Descriptive statistics and crossover tables were performed on Stata SE 14 software.

III. RESULTS

The surveys focused on 402 rubber farmers, with 526 rubber farms, spread over 49 villages including 13 in the department of Biankouma, 11 in the department of Danané, 2 in Kouibly and 25 in the department of Man.

The villages visited are grouped into 12 different sub-prefectures.

Place of rubber in production systems

Analysis of survey data revealed that 76.87 p.c. of planters are using perennial polyculture. This rate differs from department to department. It is 89.39 p.c. for Biankouma, 90.43 p.c. for Danané, 88.24 p.c. for Kouibly and 64.22 p.c. for Man. Food crops are practiced by 74.63 p.c. of respondents. The total area of the rubber growers' production systems surveyed is 2758.12 ha with an average of 6.85 ha per farmer (Table II). The most important production systems per farmer are those of Danané (8.61 ha) and the weakest are those of Man (6.02 ha).

The total area of rubber tree plantations in this production system is 1268.69 ha (Table I). These areas vary from 0.33 to 20 ha with an average of 2.41 ha. The largest areas are in the department of Danané (2.8 ha per farmer) and the smallest in Kouibly (1.29 ha per farmer). The majority (73.77 p.c.) of rubber growers have plots of less than 3 ha (Figure 2). This proportion, which varies from one department to another, is between 69.41 p.c. (Man) and 94.74 p.c. (Kouibly).

Rubber cultivation thus occupies 46 p.c. of the farmland in the semi-mountainous region of Côte d'Ivoire (Figure 3). This rubber tree occupancy rate is higher in Man (52.51 p.c.) and lower in Kouibly (23.49 p.c.).

Dynamics of the establishment of rubber plots

The prospected plots were established between 1990 and 2019. The first two fields were established in 1990 in Man and Biankouma. These creations were followed by two other plots set up in 1997 in Danané. The big wave of establishment took place between 2007 and 2015 with 84 p.c. of field creation (Figure 4). The average age of the fields is 8 years in 2019.

Table 1 : Statistics of rubber cultivation in production systems in the semi-mountainous west of Côte d'Ivoire (2019)

Département	Total rubber area	Totale exploitation area	Average area rubber	Average area exploitation	Ratio Hévéa/Expl (p.c.)
Biankouma	173,59	434,87	2,00	6,59	39,92
Danané	425,7	990,65	2,80	8,61	42,97
Kouibly	24,55	104,5	1,29	6,15	23,49
Man	644,85	1228,1	2,41	6,02	52,51
Total	1268,69	2758,12	2,41	6,86	46,00

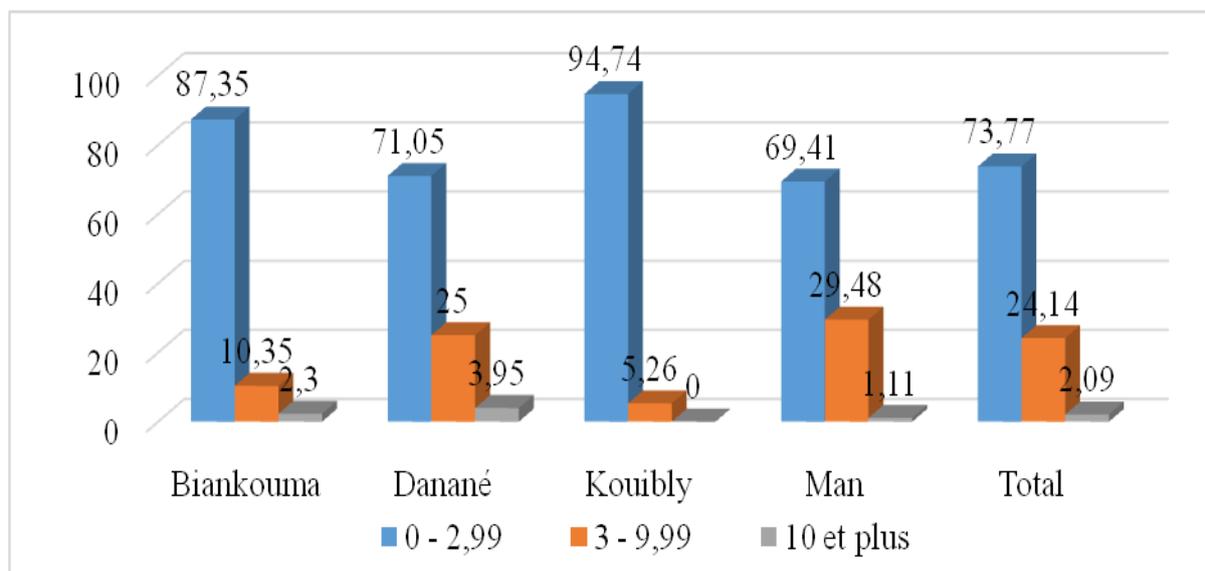


Fig.2: Surface area of rubber plots

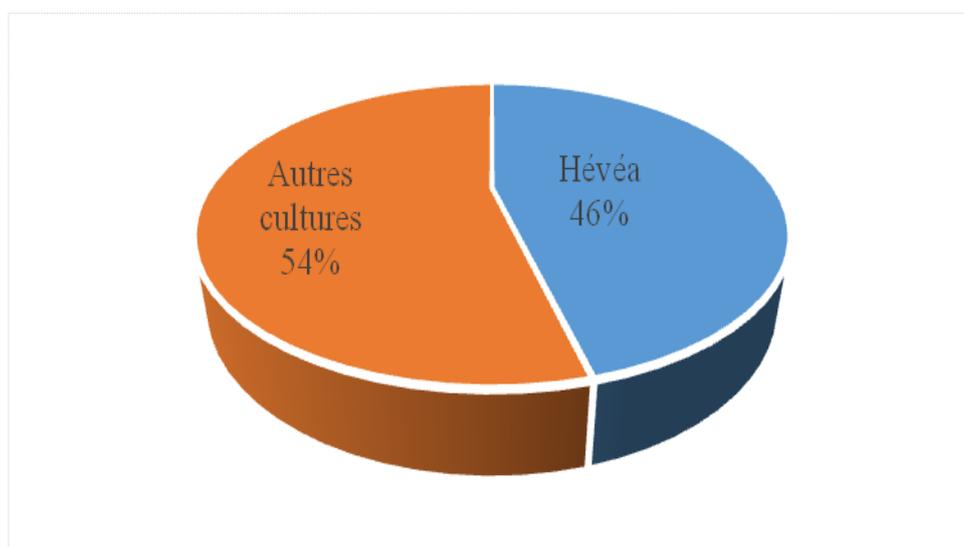


Fig.3: Place of rubber cultivation in the production system in the semi-mountainous west of Côte d'Ivoire

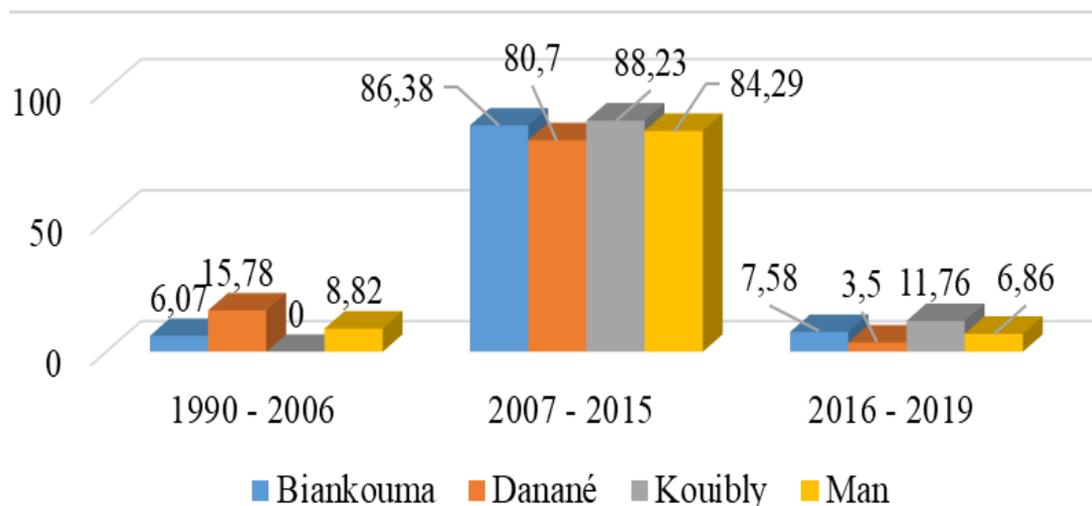


Fig.4: Installation period of rubber plots in the semi-mountainous west of Côte d'Ivoire (2019)

Previous crops of rubber

During the surveys, fallow, coffee, forest and crops were the four (04) previous crops observed. The previous dominant crop is coffee (45.63 p.c.) (Figure 5). However, the predominant crop precedent varies from one department to another. In Biankouma, fallow is the most important precedent (48.28 pc) followed by coffee with 39.08 pc In Danané and Man, coffee is the majority

precedent with respective rates of 49.34 pc and 47.76 pc of sown fields. The department of Kouibly presents a completely different configuration with fallow as the previous culminating crop (36.84 p.c.), followed by forest (31.58 p.c.). Coffee and other perennial crops each represent 15.79 p.c. of previous crops in the Kouibly zone. Regarding the age of fallows, it varies from one (01) to ten (10) years with an average of 4 years.

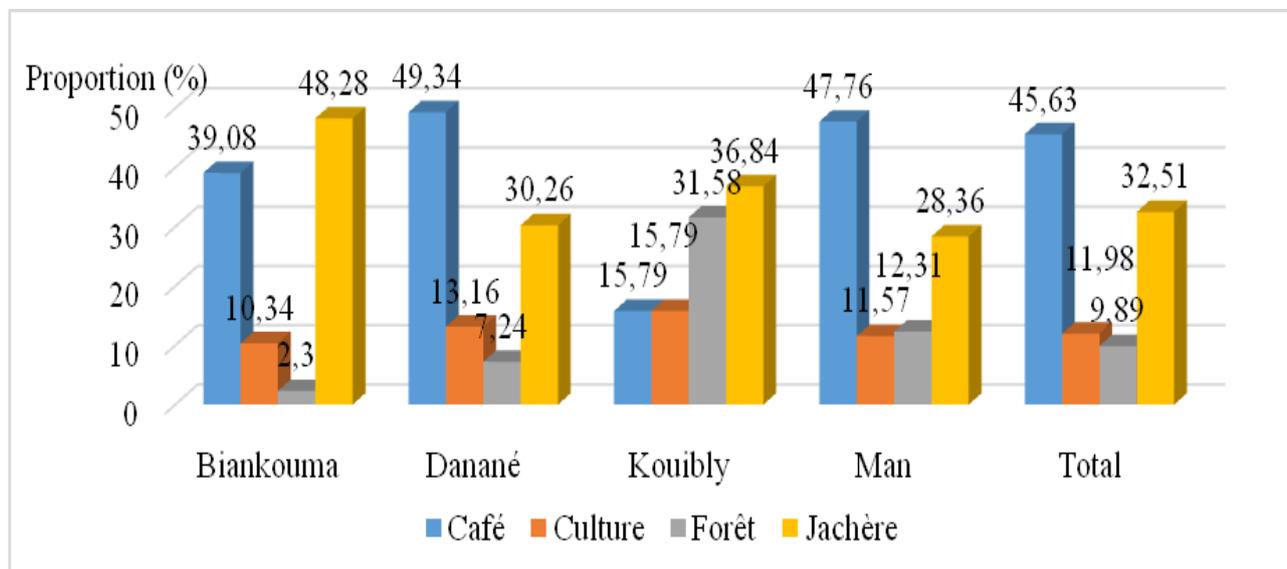


Fig.5: Previous crops of rubber plantations in the semi-mountainous west of Côte d'Ivoire (2019)

Crop associations involving rubber

The cultivation systems practiced relate, in 67.87 p.c. of cases, to associated cultures (Figure 5). The duration of associations with rubber varies from two (02) to ten (10) years, depending on speculation. Food crops (peanuts, rice,

cassava, yam, beans, plantains and corn) are associated with rubber in 86.83 p.c. of cases. Export crops (Pineapple, Coffee, Cocoa and Cola) are associated with rubber trees in 7.56 p.c. of cases. Food-perennial combinations are associated with rubber trees in 5.6 p.c. of cases. The rubber

associations in the semi-mountainous West have involved eleven (11) speculations, including seven (7) food crops and five (5) exports (Figure 6). These associations involve culture in 45.10 p.c. of cases and a combination of cultures

in 54.90 p.c. of associations. The crops most associated with rubber in western Côte d'Ivoire are maize (58.82 p.c.) and rice (49.86 p.c.). In associations with rubber trees, food crops are laid out in bulk in the rows of trees.

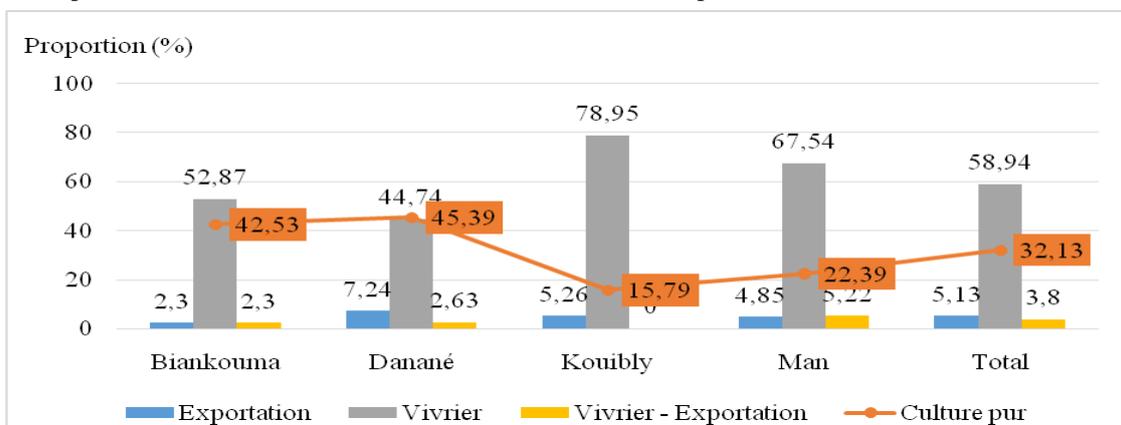


Fig.5: Associations with rubber

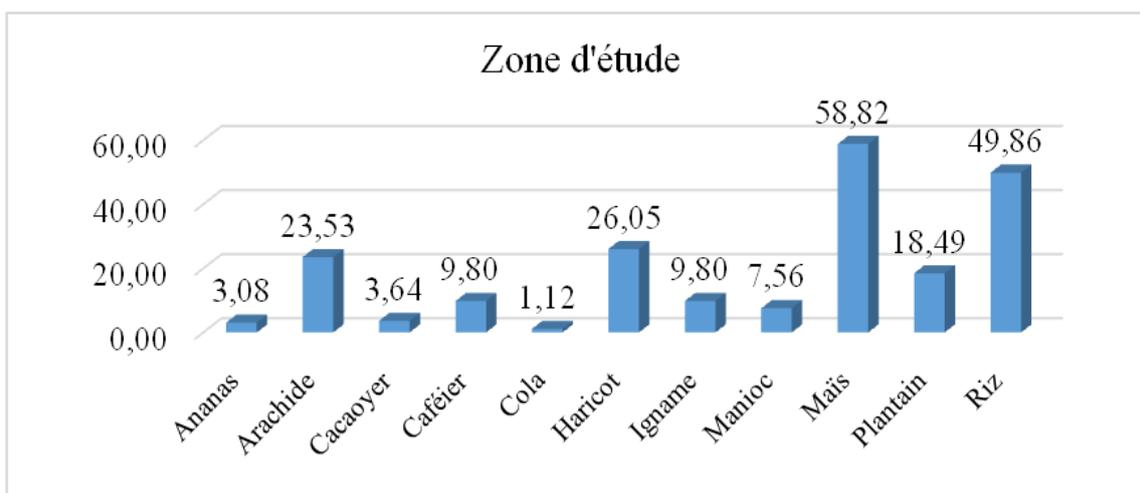


Fig.6: Crops associated with rubber

IV. DISCUSSION

Place of rubber in production systems

Surveys show that the orientation towards rubber cultivation does not exclude the presence of other perennial crops, notably coffee, cocoa, oil palm, cashew and cola. The total surface area of the rubber growers surveyed is 2758.12 ha, or 6.86 ha per farmer. This area is greater than that of Akiés planters (Atties) which is 3.4 ha (Ruf, 2018). Farms with only rubber as an export crop represent 23.13 p.c. of cases. According to Ruf (2018), young planters are more interested in rubber cultivation as they easily overcome six years of unproductivity. This could justify the fact that some growers only engage in rubber cultivation.

The total rubber area surveyed is 1268.69 ha. These areas vary from 0.33 to 20 ha with an average of 2.41 ha. This average area per farmer is lower than that of the Songon sub-prefecture, which is 3.91 ha (Kouamé, 2014). The majority (73.77 p.c.) of rubber growers have plots of less than 3 ha. This finding could be explained by the presence of rock massifs, which occupy a third of the study area and which considerably limit the area of cultivable land. Population growth could also have had an impact on the size of the plots (Keli, 2009). According to Koua et al., (2018), The size of cocoa plantations in the departments of Abengourou, Divo and Soubré are increased by plantations of 2-5 ha (51 p.c.). These results show that perennial crops are still the business of "small planters" (ICCO, 2015). This low proportion of arable land is probably linked to the non-mechanization of Ivorian agriculture. The small size

of the orchards could also be explained by land saturation and the exhaustion of the country's forest reserves (Ruf and Allangba, 2001; FAO, 2007; Aka et al., 2013). Rubber cultivation occupies 46 p.c. of the farmland in the semi-mountainous region of Côte d'Ivoire. The highest rate was observed in Man (53.07 p.c.) and the lowest in Kouibly (20.54 p.c.). Coffee and cocoa occupy 26.44 pc and 15.26 pc respectively. ancient cultures. According to ICCO (2014), L'hévéa is emerging as a diversification crop again in 2017, despite the level of land saturation.

Dynamics of the establishment of rubber plots

The prospected plots were established between 1990 and 2019. Thus the age of the rubber orchard in the semi-mountainous region of Côte d'Ivoire is between 1 and 30 years. The average age of the fields is 8 years in 2019. On the other hand, the entry of rubber cultivation in Côte d'Ivoire dates from 1953 by agro-industrial companies through large farms (Losch, 1983; Canh, 1999; Hirsch 2002; Ruf 2013; Kouamé 2014). In 1978, rubber cultivation integrated family farming through small farms (Keli et al., 1997; Ruf, 2009). This shows that the cultivation of rubber trees in western Côte d'Ivoire is young. Given the operating life of 30 to 40 years, rubber trees could have a promising future in the west of the Ivory Coast.

Also, the first two fields were established in 1990 in Man and Biankouma. These creations were followed by two other plots set up in 1997 in Danané. According to Ruf (2009), the Ivory Coast owes the doubling of its production in 8 years to the village sector whose performance is approaching each year the production threshold of industrial plantations. Thus, the big wave of establishment is between 2007 and 2015 with 84 p.c. of fields created. According to Koulibaly (2016), rubber cultivation has increased dramatically with an increase of 479.38 p.c. in its recorded areas. This would be due to the price of the kilogram of rubber which increased from 2001 to 2010. It went from three hundred and seventy-five (375) FCFA to one thousand (1,000) FCFA. According to Akmel (2018), this state policy aimed to encourage actors, so that they become more involved in rubber production. This is corroborated by the increase in production to 603,000 tonnes in 2017 (Kouassi, 2018). Furthermore, the rationalization of income created by rubber cultivation due to the monthly payment of production could justify the massive investment of young people in rubber. Also, rubber farmers participate in the restoration of the green fabric.

Previous crops of rubber

The previous dominant crop is coffee with a proportion of 45.63 p.c. This shows that rubber trees are in the process

of replacing coffee. The substitution of rubber for other export crops has also been revealed by surveys in the Dabou region in Côte d'Ivoire (Akmel, 2016). The phenomenon of substitution of rubber tree plantations for old cocoa or coffee trees is not new (Ruf, 2009). The development of rubber cultivation has taken place at the expense of other perennial crops in Songon and mainly of oil palm. Also, 12% of farmers replaced cocoa and coffee farms with rubber (Kouamé, 2014). According to Aguilar et al. (2003) cited by Akoua et al. (2018), the small size of cocoa plantations in the departments of Abengourou, Divo and Soubré would be linked to the abandonment and conversion of some old cocoa trees into palm oil plantations. and rubber (Ruf and Allangba, 2001; Kassin, 2009). Land blockades and the growing interest in rubber cultivation could account for this trend. However, the predominant crop precedent varies from one department to another. In Biankouma, fallow is the most important precedent (48.28 p.c.). The department of Kouibly presents fallow as the previous culminating crop (36.84 p.c.), followed by forest (31.58 p.c.) then coffee (15.79 p.c.). Regarding the age of fallows, it varies from one (01) to ten (10) years with an average of 4 years. The fallows are between 5 and more than 10 years old and belong to adults. One third of the mainly young farmers have no land reserves. The low percentage of the previous forest corroborates the observations on the decline of forest massifs in Côte d'Ivoire. Forest areas, which amounted to 15 million ha in the 1900s (SODEFOR, 1996) represented only 2 million ha in 2007 (FAO, 2007).

Crop associations involving rubber

The cultivation systems used relate, in 67.87 p.c. of cases, to associated cultures. This rate is lower than that of the Songon sub-prefecture which is 85.43 p.c. of farmers surveyed (Kouamé 2014). Cultural association could allow diversification of production and sources of income. However, according to the farmers surveyed, the cropping association in the semi-mountainous region of Côte d'Ivoire is motivated by the simultaneous maintenance of associated crops (48.61 pc) and the lack of land (44.44 pc). Benefits of this practice of combining annual crops with trees may include food security for households, income generated from the sale of both products, weed control and better use of cultivated resources (Balogoun et al., 2014). According to Kouamé (2014), To fill the land shortage, the populations practice the association of cultures. The duration of associations with rubber varies from two (02) to ten (10) years, depending on speculation. In fact, during the immaturity period of the rubber tree (6 years), producers form associations to ensure food security during this period, create sources of income and implement cultivation techniques likely to help the growth.

maintenance of the rubber tree. In addition, intercropping brings organic matter to the soil through the decomposition of crop residues. Monoculture with leguminous cover (often *Pueraria*) between the rows of rubber trees is a satisfactory practice from an agronomic point of view thanks to the fight against erosion and against weeds, supply of nitrogen and maintenance of humidity (IRRDB, 1996). The *Hevea brasiliensis* species is actually cultivated in association with other domesticated species such as cover legumes (*Pueraria phaseoloides*, *Centrosema pubescens*, etc.), food and industrial species (Obouayeba et al., 2016). The crops set up on the whole of the young plot, accept a valuation of the land while guaranteeing a maintenance of the space beneficial to the development of the young rubber plants. The crops grown depend on the eating habits of the farm manager and his family. These are usually mixtures of species including plantain, corn, macabo, peanut, pistachio, yam and sweet potato. (Thierry, 2005). The rubberwood associations in the semi-mountainous West have involved eleven (11) speculations, including seven (7) food crops and five (5) exports. These associations involve culture in 45.10 p.c. of cases and a combination of cultures in 54.90 p.c. of associations. Associated food crops meet the self-consumption needs of growers and / or marketing (Kéli et al., 2006). Thus, food crops (peanuts, rice, cassava, yam, beans, plantains and corn) are associated with rubber in 86.83 p.c. of cases. In Songon, 48.27 p.c. of plots of food crops (maize, yam, vegetables) and mainly cassava were also planted with rubber in these two localities (Kouamé, 2014). The crops most associated with rubber in western Côte d'Ivoire are maize (58.82 p.c. of associations) and rice (49.86 p.c. of associations). This is corroborated by the fact that 73.25 p.c. practices the association with the objective of directly consuming the product of the harvest. Rice and corn therefore dominate the associations in Man. However, cassava, one of the staple foods in the region, is not associated with rubber, presumably for fear of the spread of root rot caused by the genus *Fomes*. Cassava is a vector of this disease. Therefore, the rubber-cassava combination has long been discouraged. However, recent work by the CNRA, led by Boko in 2012, has shown the possibility of leading such a cultural association. Cassava should be planted at a distance of at least 1.5 m from the rubber tree line. In addition, it was observed that the food crops associated with rubber trees were sown or planted in bulk, not respecting the technical recommendations of the research. In rubber associations, food crops are arranged in bulk in the rows of trees. Export crops (Pineapple, Coffee, Cocoa and Cola) are associated with rubber trees in 7.56 p.c. of cases. Food-perennial combinations are associated with rubber trees in 5.6 p.c. of cases. These associations

are not permanent because they only last 5 years. *Hevea* is intended to replace associated cultivation as is the case in Brazil, where rubber-coffee associations only last about ten years (Penot & Ollivier, 2009). The rubber tree can be associated with fruit trees and forest species; cases of the Philippines, Malaysia, Thailand, Brazil; with tea; the case of China; rattan; cases of Malaysia and the Philippines; and the cocoa tree; cases of Côte d'Ivoire, Gabon, Brazil and Vietnam (Ruf et al., 2006; Penot & Ollivier, 2009).

V. CONCLUSION

The objective of the study was to assess the place of rubber trees in the dynamics of production systems in western Côte d'Ivoire. The study showed that 76.87 p.c. of planters are using perennial polyculture. The total surface area of the rubber growers' production systems surveyed is 2758.12 ha with an average of 6.85 ha per farmer and that of rubber trees is 1268.69 ha or 2.41 ha per farmer. Rubber cultivation, which thus occupies 46 pc of sown areas, could be considered as a substitute crop for old crops. The age of the rubber orchard is between 1 and 30 years with an average of 8 years in 2019. The great wave of he establishment is between 2007 and 2015 with 84 pc of field creation. Considering the juvenile age of rubber trees in the west, there could be a bright future.

In perspective, effective associations should be determined for optimal use of agrarian space. This study will overcome the problems of substituting rubber for other crops in the study area with a view to diversified and sustainable agriculture.

REFERENCES

- [1] Aguilar P, Paulin D, Keho Y, N'kamleu G, Raillard, A, Deheuvelds O, Petithuguenin P and Gockowski J. (2003). The evolution of cocoa orchards in Côte d'Ivoire between 1995 and 2002. In: Proceedings of the 14th international conference on cocoa research. October 18-23, 2003. Accra, Ghana, p.1167-1175.
- [2] Aka N, Bamba SB, Soro G, Soro N (2013). Hydrochemical and microbiological study of layers of alterites in a humid tropical climate: Case of the department of Abengourou (south-eastern Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal* 16: 31-52.
- [3] Akmel M. S., (2016). ; Socio-economic issues and constraints related to rubber cultivation in Odjukru country in the region of Dabou (Ivory Coast); *European Scientific Journal*; vol.12, pp 431-450.
- [4] Akmel M. S., (2018). Socio-economic challenges of rubber cultivation and risk of food insecurity in Odjukru country in the Dabou region (Côte d'Ivoire); *TROPICULTURA*, 201 8, 36, 2, pp 425-434)
- [5] ANADER (2014). Monograph report (Internal document). ANADER Man, 23 p.

- [6] ANADER, (2014). Monograph report (Internal document). ANADER Man, 23 p.
- [7] Anonymous (2017). [https://fr.wikipedia.org/wiki/Man \(Côte_dp.c.27Ivoire\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Man_(Côte_dp.c.27Ivoire)). Accessed on 04/05/2017
- [8] Anonymous, (2007). [https://fr.wikipedia.org/wiki/Man \(Côte_dp.c.27Ivoire\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Man_(Côte_dp.c.27Ivoire)). Accessed on 04/05/2017
- [9] Bahan F., (2016). Annual report of research activities 2015; Rice program. CNRA Man (Internal document). 43 p.
- [10] Balogoun I., A. Saïdou, E. L. Ahoton, I. G. Amadji, c. B. Ahohuendo, I. B. Adebo, S. Babatounde, D. Chougourou, H. Adoukonou-sagbadja and A. Ahanchede; (2014). Characterization of cashew-based production systems in the main growing areas in Benin. *African Agronomy* 26 (1); pp 9 - 22
- [11] Boko C. & Tahouo O., (2012). Combine food crops with rubber trees to diversify sources of income in Côte d'Ivoire. CNRA-2012, Department of Innovations and Information Systems, 52 p.
- [12] CNRA-Man, (2017). CNRA Man meteorological station (rainfall 2016).
- [13] CNRA-Man, (2018). CNRA Man meteorological station (rainfall 2017).
- [14] Ehua M., (2000). Handover report, MINAGRA / DRG, Gagnoa. Ivory Coast, 13 p.
- [15] FAO., (2007). The State of World Fisheries and Aquaculture, Rome. Italy, 131 p
- [16] Gnagne Y. M., Elabo A.E.E., Wahounou P. J., Obouayeba S., (2016a.) Marginality factors for rubber farming in the old cocoa loop, in central-eastern Côte d'Ivoire. IRRDB WORKSHOP- 28-29-30 / 09/2016
- [17] Hirsch R. (2002). Ivorian rubber cultivation after the privatizations and liberalization of the sector. Balance sheet essay. Paris, AFD.
- [18] ICCO (2014) Report of the World Cocoa Conference 2014. Amsterdam, 9-13 June 2014. 17 p.),
- [19] ICCO (2015). What are the effects of intensive commercial production of cocoa on the environment? Westgate House W5 1YY, United Kingdom. ICCO Annual Report. 25p.
- [20] IRRDB, (1996). Symposium on farming system aspects of the cultivation of natural rubber (*hevea brasiliensis*), IRRDB, Beruwala, November 1996. 150 p.
- [21] Kassin K. E. (2009). Studies of pedoclimatic conditions for cocoa replanting in the Center-West of the Ivory Coast: case of the Divo and Gagnoa departments. Single Doctorate Thesis from UFR STRM, University of Cocody - Abidjan, Côte d'Ivoire. 112p.
- [22] Kéli Z. J., (2003). Second generation program; Commission: Export crops. CNRA working document, 139 p.
- [23] Kéli Z. J., (2009). The regional management of the CNRA in Man in a few words and figures, 12 p.
- [24] Kéli Z. J., (2017). The regional management of the CNRA in Man in a few words and figures, Internal document; 12 p.
- [25] Kéli Z. J., Boko C., Assiri A. A., Hubert O., Obouayeba S. & Doumbia A., (2006). How to associate food crops with rubber trees in the Ivorian peasant environment. Department of research programs and development support - Department of innovations and information systems CNRA, 2 p.
- [26] Kéli Z.J., Kpolo, D.M., Déa, G.B., Boa, D. and Allet-Don A. (1997). Rubber farming in Côte d'Ivoire: Current situation and prospects. *Plantations, Research, Development* 4 (1),
- [27] Koua SH, Coulibaly NAM Da., Alloueboraud WAM (2018), Characterization of orchards and cocoa diseases in Côte d'Ivoire: case of the departments of Abengourou, Divo and Soubré) (*Journal of Animal & Plant Sciences*, 2018. Vol. 35, Issue 3: 5706-5714 Publication date 03/31/2018, <http://www.m.elewa.org/JAPS>; ISSN 2071-7024 5706
- [28] Kouame D. P. E. (2014); The development of rubber farming, agricultural and land tenure changes in Songon; *European Scientific Journal* edition vol.10, No.35 ISSN: 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 39; 14p.
- [29] Kouassi B. S. T., 2018. Policy, development and sustainability challenges of natural rubber in Ivory Coast, International Rubber Conference and IRRDB Annual Meeting, 22-24 October 2018, Abidjan, Ivory Coast, 16 p.
- [30] Koulibaly T. 2016. Development of rubber cultivation in Côte d'Ivoire: threats or opportunities for food crops: Case study of the regions of Daloa and Abengourou, IRRDB regional workshop, September 28-30, 2016, Yamoussoukro, Ivory Coast, 25 p.
- [31] Losch B. (1983). Village rubber cultivation in Côte d'Ivoire. DESS thesis, University of Montpellier I, 120 p.
- [32] Mameri C., (2019). Agricultural practices in the mountainous region of Côte d'Ivoire. *European University Editions*. 69p.
- [33] Obouayeba S., Boko A. M. C., Soumahin E. F., Elabo A. A. E., Dea G. B., N'guessan B. E. A., Kouamé C., Zéhi B. & Kéli Z. J., (2016). Stable rural production systems based on (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.): Synthesis of forty years of work; IRRDB WORKSHOP- 28-29-30 / 09/2016
- [34] Penot E. & Ollivier I., (2009). The rubber tree in association with perennial, fruit or forest crops: some examples in Asia, Africa and Latin America. *Wood and forest of the tropics* No 301 (3), pp 67-82.
- [35] Ruf (2013). The rubber boom in Côte d'Ivoire. CIRAD report to IFC 48p
- [36] Ruf F, Allangba K (2001). Cocoa plantation and replanting decisions. The case of Baoulé migrants in Oumé (Ivory Coast). In: R.Y Assamoi, K. Burger, D Nicolas, F. Ruf and P. de Vernou, eds. *The future of perennial crops*. November 5–9, 2001. Yamoussoukro (Ivory Coast): BNETD & CIRAD. 36p.
- [37] Ruf F., 2009. The adoption of rubber cultivation in Côte d'Ivoire. Price, imitation and ecological change. *INRA / SFER / CIRAD*, 22 p.
- [38] Ruf F., Dehevels O., Ake Assi L. & Sarpong D., 2006. Intensification in cocoa cropping systems: is agroforestry a solution for sustainability? The Case of Manso Amenfi, Western region, Ghana. In: *Fifteenth International Conference on Cocoa Research*, San José, Costa Rica, 9-14 October 2006, vol. I, pp 355-364
- [39] Ruf, F. 2018. Politico-military and climatic crises in Côte d'Ivoire. From cocoa to cashew nut, from forest income to animal manure. *Tropicicultura*; pp 281-298

- [40] SODEFOR., 1996. Development plan of the classified forest of Bouaflé. Ministry of Agriculture and Animal Resources, pp 3-61.
- [41] Thierry M., (2005). Adapt the management of rubber tree plantations to the diversity of village farms (Case study in Cameroon). Doctoral thesis from the Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 302 p.
- [42] Wahounou P. J., Mpika J., Kouadio J. M., Adiko A., Zakra N. and Tahouo O. (2013). Diseases and pests of rubber trees in production areas in Côte d'Ivoire. CNRA-2013, Department of Innovations and Information Systems, 54 p
- [43] WRB, (2014). A frame work for international classification, correlation and communication. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: IUSS / ISRIC / FAO; (World Soil Resources Reports, 106).

Publication 2

Impact de l'association Hevea-Cafeier sur la production des deux spéculations

Kouadio Y. D. M.1 ; Kouassi K. H.1 ; Bahan F. M.2 ; Keli Z. J.2

1Université Jean Lourougnon Guédé. UFR Agroforesterie ; Laboratoire d'Agrovalorisation.
BP 150 Daloa (Côte d'Ivoire).

2Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) Man-Côte d'Ivoire. 01 BP 1740
Abidjan 01 (Côte d'Ivoire).

Corresponding author E-mail : didiermariusk@gmail.com +225 08 360 350 / +225 64 039
607

Publication date 31/03/2021, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.47 (3): 8497-
8505 ;

<https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v47-3>.

Impact de l'association Hevea-Cafeier sur la production des deux spéculations

Kouadio Y. D. M.¹; Kouassi K. H.¹; Bahan F. M.²; Keli Z. J.²

¹Université Jean Lourougnon Guédé. UFR Agroforesterie ; Laboratoire d'Agrovalorisation. BP 150 Daloa (Côte d'Ivoire).

²Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) Man-Côte d'Ivoire. 01 BP 1740 Abidjan 01 (Côte d'Ivoire).

Corresponding author E-mail : didiermariusk@gmail.com +225 08 360 350 / +225 64 039 607

Mots-clés : Hévéa, Caféier, Association de culture, Production.

Keywords : Rubber tree, Coffee tree, Cultivation association, Production.

Publication date 31/03/2021, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

1 RESUME

Les zones traditionnelles de culture de l'hévéa en Côte d'Ivoire sont confrontées à une saturation foncière. Le déplacement de l'hévéa vers l'Ouest de la Côte d'Ivoire qui est une zone caféicole a entraîné une concurrence interspécifique hévéa-caféier. Ainsi, la présente étude a pour objectif d'évaluer l'impact de l'association sur la production de l'hévéa et du caféier pour une utilisation optimale de l'espace agricole. L'étude a été réalisée à travers un essai d'association hévéa-caféier. Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher qui comporte cinq traitements dont T1, T2, et T3, sont des associations à densités variables et T4 et T5 des cultures pures respectives d'hévéa et de café. Il ressort de cette étude que les caféiers dans les doubles lignes hévéas séparés de 33 m (T1) produisent, au-delà des 5 ans, autant à l'hectare que ceux de T5. Par contre, la production de caféiers dans les doubles lignes d'hévéas séparées 16 m (T2) et de 11 m (T3) est significativement plus faible et s'arrête après 5 ans. T1 présente la plus importante production de caoutchouc à l'arbre et la plus faible à l'hectare. La production à l'hectare de l'hévéa est majorée par T4. T1 est le plus rentable donc le meilleur traitement avec un LER de 1,32.

Impact of the rubber tree and coffee tree associations on production of two speculations

ABSTRACT

The traditional rubber growing areas in Côte d'Ivoire are facing land saturation. The displacement of rubber trees to the west of Côte d'Ivoire, which is a coffee-growing zone, has led to interspecific rubber-coffee competition. Thus, the objective of this study is to assess the impact of the association on the production of rubber and coffee for optimal use of agrarian space. The study was conducted by a rubber-coffee association trial. The experimental set-up is a Fisher block, which comprises five treatments, including T1, T2, and T3, which are associations with variable densities and T4 and T5 of the respective pure cultures of rubber and coffee. It emerges from this study that the coffee trees in double rows of rubber trees separated by 33 m (T1) produce, beyond 5 years, as much per hectare as those of T5. In contrast, the production of coffee trees in the separate 16m (T2) and 11m (T3) double rubber lines is significantly lower and stops after 5 years. T1 has the highest rubber production per tree and the lowest per hectare. Rubber production per hectare is increased by T4. T1 is the most profitable and therefore the best treatment with an LER of 1.32.

2 INTRODUCTION

Depuis l'indépendance de la Côte d'Ivoire en 1960, son agriculture a été dominée par le binôme café-cacao. Cependant, la situation actuelle dans la filière café-cacao fait ressortir des préoccupations majeures qui mettent en péril la durabilité de la culture du café. Pour remédier à la précarité d'une agriculture trop dépendante du binôme café-cacao, l'État s'est donné les moyens de la diversifier en faisant la promotion de spéculations porteuses parmi lesquelles le palmier à huile, le cocotier, le coton et l'hévéa (Kéli, 2003). Cette dernière spéculation, initialement développée par le secteur des grandes exploitations, est aujourd'hui le fait de petites exploitations paysannes (Ruf, 2009). Actuellement, la Côte d'Ivoire est confrontée à une saturation foncière dans les zones traditionnelles de culture de l'hévéa. Il en découle une extension remarquable de

l'hévéaculture villageoise vers de nouvelles zones géographiques comme l'Ouest (Gnagne *et al.*, 2016), qui était jusque-là une région caféicole, où se pose déjà des problèmes fonciers (ANADER, 2014 ; Keli, 2017). Or, l'expansion d'une culture donnée vers de nouvelles zones peut bouleverser la dynamique des systèmes de production de ladite zone et conduire souvent à des phénomènes de substitutions des cultures de diversification aux anciennes cultures (Ruf, 2009). Ainsi, une concurrence oppose l'hévéaculture à la culture du café. Pour remédier à ce problème de concurrence, la présente étude s'est donnée pour objectif d'évaluer l'impact de l'association hévéa-caféier sur la production des deux spéculations pour une utilisation optimale de l'espace agricole en Côte d'Ivoire en générale et dans le Sud-ouest en particulier.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1 Zone d'étude : L'étude a été réalisée sur la station expérimentale de la Société Hévéicole du Gô (HEVEGO), actuel SCASO (Société Civile et Agricole du Sud-Ouest), située au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire à 50 km au nord de San Pedro. Avec un climat tropical humide, la pluviométrie est de type bimodal pour une moyenne de 1530 mm par an. La température moyenne est de 26 °C. (Kouassi, 2010 ; DGATDR, 2015 ; ANADER 2017). Dans l'ensemble, les sols de la région proviennent des roches mères granitiques. Ce sont des sols ferrugineux fréquemment lessivés. Cet état de lessivage du sol est dû à la forte pluviométrie. Aussi, Les sols sont-ils profonds, perméables et bien drainés. Le relief accidenté est composé d'une succession de bas-fonds, de plaines, de collines de faible altitude et des monts sacrés de Dogbo (500 m) et de Gliké avec 1 000 m d'altitude (DGATDR, 2015 ; ANADER 2017).

3.2 Matériel : Le matériel végétal est constitué du clone GT 1 (Gondang Tapen 1) de *Hevea brasiliensis* et d'un mélange de clone de *Coffea canephora* (107, 461, 126, 182, 181, 477) de Côte d'Ivoire. *Pueraria phaseoloides* a été utilisé

comme plante de couverture. Un peson a été utilisé pour peser le caoutchouc et les cerises de café.

3.3 Méthodes

3.3.1 Description du dispositif expérimental :

Le dispositif est un bloc de Fisher, avec un facteur (densité de plantation de l'hévéa) et 5 traitements répétés 3 fois. Les cinq (5) traitements sont définis comme suit :

- T 1 désigne le traitement portant les doubles lignes d'hévéas espacées de 33 m ;
- T 2, le traitement portant les doubles lignes d'hévéas espacées de 16 m ;
- T 3, le traitement portant les doubles lignes d'hévéas espacées de 11 m ;
- T 4 désigne le témoin hévéa portant des lignes simples d'hévéas espacées de 7 m ;
- T 5 désigne le témoin café portant des lignes simples de caféiers espacées de 3 m.

Entre les doubles lignes, les caféiers sont disposés en des lignes simples à une densité standard de 3 m x 2,5 m. la densité de plantation des hévéas de la double-ligne est de 3 m x 2,8 m. Sur les parcelles qui portent les traitements

témoins, les hévéas sont plantés à 7 m x 2,8 m et les caféiers à 3 m x 2,5 m.

3.4 Données collectées : Les données collectées portent sur la production de caoutchouc (Hévéa) et celle des caféiers. La production caféière se résume à la récolte des cerises fraîches chaque année, par traitement et par ligne, qui sont pesées au champ durant sept (7) années dont cinq (5) avant le recépage et deux (2) après le recépage du café. Le café est recépé après cinq (5) années de production. En ce qui concerne l'hévéa, la technologie de récolte du latex est réalisée par l'opération de la saignée qui se pratique aux heures fraîches de la journée. Elle consiste à pratiquer une entaille dite encoche de saignée dans l'écorce de l'arbre dans le but d'en extraire le latex (Gomez, 1982 ; Compagnon, 1986 ; Thomas *et al.*, 1995). Sur le terrain, le même système de saignée appliqué à tous les arbres de tous les traitements est la saignée en demi-spirale descendante tous les 4 jours avec 1

jour de repos par semaine, 12 mois sur 12, soit 78 saignées par an. La récolte du caoutchouc a été réalisée dans des tasses. Le caoutchouc frais coagulé dans les conditions naturelles et appelé coagulum ou matière fraîche, a été ramassé et pesé.

3.5 Traitement des données collectées : Les données brutes collectées sur l'essai ont d'abord été dépouillées puis classées en groupes homogènes (par culture et par densité ou traitement), puis converties en unité du système international. La saisie de données a été effectuée sur le logiciel Excel 2010. Les tests d'hypothèses ont été effectués notamment celles se rapportant à la comparaison de plusieurs moyennes (ANOVA) et la plus petite différence significative (PPDS) par le biais du logiciel Statistica. L'évaluation des associations en termes de rendements a été faite à l'aide du Taux de Surface Équivalente (TSE) ou « Land Équivalent Ratio » (LER).

$$LER = \frac{\text{Rendement A associée}}{\text{Rendement A pure}} + \frac{\text{Rendement B associée}}{\text{Rendement B pure}} \quad (7)$$

(Salez, 1988).

4 RESULTATS

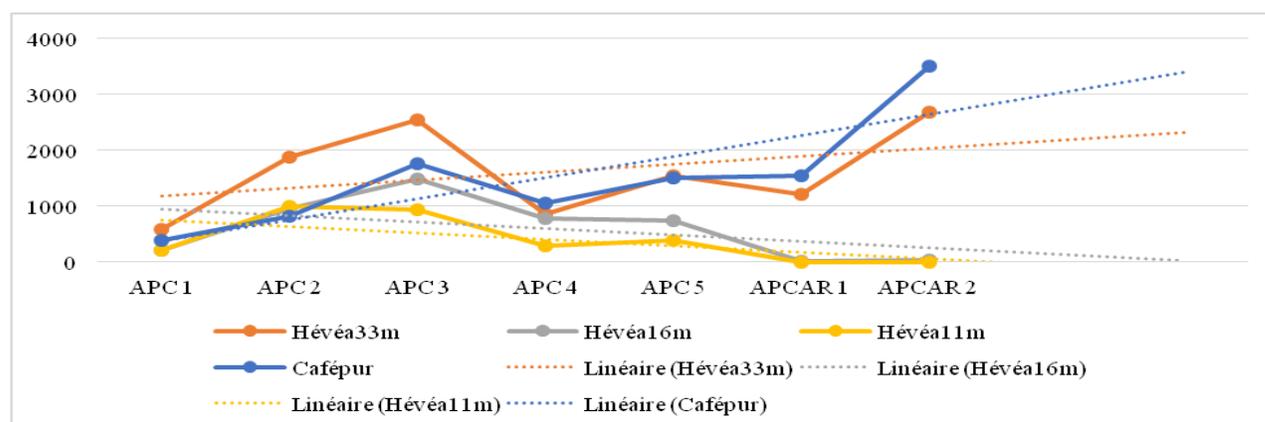
4.1 Production caféière : L'analyse de variance des productions caféières montre une différence significative ($p < 0,05$) entre les traitements (Tableau I). La production par ligne est plus importante dans T1 soit les hévéas séparés de 33 m (187,47 kg/ligne) et plus faible dans T3 soit les hévéas séparés de 11 m (102,66 kg/ligne). La production par traitement est dominée par la culture pure de café (947,44 kg/trait) et minorée par, T3 (252,87 kg/trait). La production moyenne de café en kg/ha, varie de 404,59 avec les hévéas séparés de 11 m (T3) à 1616,47 kg/ha avec les hévéas séparés de 33 m (T1). L'Équivalence en Culture Pure (ECP) de la production en kg/ha de T1 est de 106,63 p.c. soit une augmentation de 44,36 p.c. de l'état initial (62,27 p.c.). Quant aux traitements 2 et 3, l'ECP est respectivement de 39,57 p.c. et 26,69 p.c. soit

une baisse respective de 5,44 p.c. et 30,32 p.c. La figure 1 montre l'évolution de la production par traitement. Durant les trois premières années de récolte, la production de T1 est significativement supérieure celle des trois autres traitements. A partir de la troisième année de production, le rendement de T3 devient inférieur à ceux des autres traitements. Le café est recépé après la cinquième année de production. La production de cafés des hévéas séparés de 16 m (T2) et de 11 m (T3) est significativement plus faible et s'arrête après 5 ans. Par contre, dans T1, une production de café peut être obtenue bien au-delà des 5 ans. Les courbes de prévision linéaire de T2 et T3 sont décroissantes. Celles des traitements 1 et 5 sont respectivement croissante et fortement croissante (figure 1).

Tableau 1 : Comparaison de la production des caféiers suivant les traitements

Traitements	Production			
	kg/trait	kg/ligne	kg/ha	EPC kg/ha (p.c.)
T1	876,36 ± 1,32 b	187,47 ± 0,59 a	1616,47 ± 2,11 a	106,63
T2	374,91 ± 0,32 c	136,40 ± 0,40 b	599,85 ± 0,51 c	39,57
T3	252,87 ± 0,51 d	102,66 ± 0,34 d	404,59 ± 0,82 d	26,69
T5 (Café pur)	947,44 ± 1,49 a	126,10 ± 0,09 c	1515,91 ± 2,38 b	100
F	340260	40504	340260	
P	< 0,00	< 0,00	< 0,00	

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.



APC : Année de Production du Café

APCAR : Année de Production du Café Après Recépage

Les traits pleins représentent l'évolution de la production et les pointillés représentent la prévision linéaire de production de chaque traitement

Figure 1 : Évolution de la production caféière en Kg/Ha

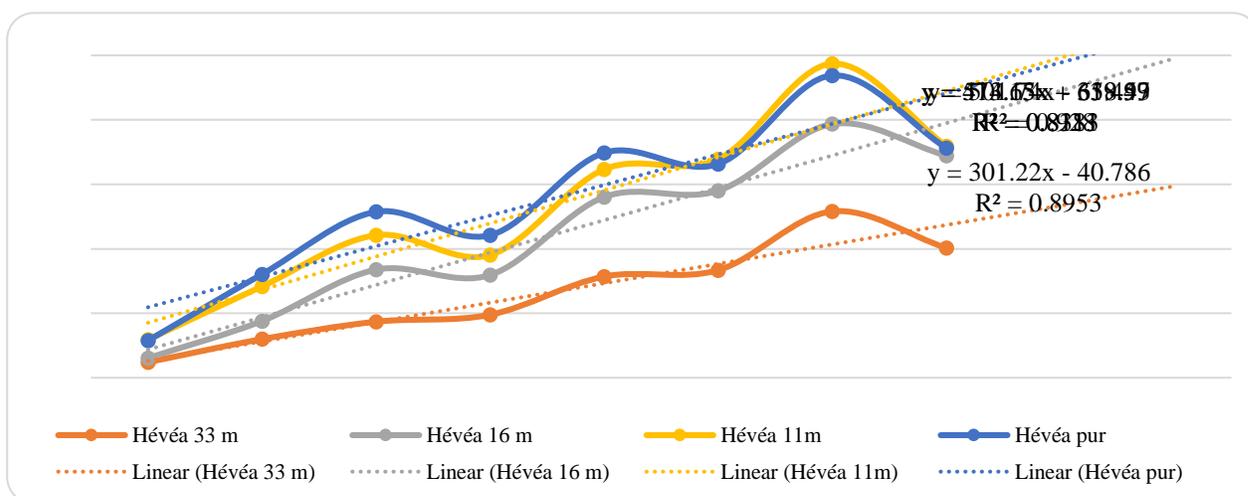
4.2 Production hévéicole : La production de caoutchouc a été évaluée en kilogramme par hectare (Kg/ha), en gramme par arbre par saignée (g/a/s) et en gramme par arbre par an (g/a/an). L'analyse de variance de la production de l'hévée à l'hectare et à l'arbre montre une différence significative entre tous les traitements. La production de caoutchouc à l'arbre est dominée par les hévéas séparés de 33 m (T1) et minorée par les hévéas séparés de 11 m (T3). Le Tableau 2 présente la production à l'hectare qui varie de 1314,3 (T3) à 2752,65 kg/ha pour la culture pure d'hévée (T4). Cette production présente une allure croissante en dent de scie au fil des années d'exploitation. Les courbes de prévision linéaire sont croissantes pour tous les

traitements. On note des augmentations de production plus fortes avec les traitements 4, 3 et 2 et une augmentation de production modérée avec T1. De la première à la cinquième année d'exploitation, les productions de T4 sont significativement supérieures à celles de T1. Les productions de T2 et T3 semblables, restent intermédiaires entre celles du témoin et de T1. A partir de la sixième année, la production de T3 devient supérieure à celle de tous les autres traitements (Figure 2). Dans l'ensemble, l'hévée associé aux caféiers produit moins de caoutchouc à l'hectare que l'hévée en culture pure. L'équivalent en culture pure (ECP) des traitements 1 et 2 est en hausse tandis que celui de T3 présente une baisse de 3,70 p.c.

Tableau 2 : Production hévéicole par traitements

Traitements	Production			
	g/a/s	g/a/an	Kg/ha	ECP kg/ha (p.c.)
T1	55,69 ± 0,06 a	4053,96 ± 4,34 a	1314,3 ± 8 d	47,75
T2	53,05 ± 0,05 b	3870,08 ± 3,40 b	2192,4 ± 0,9 c	79,65
T3	49,64 ± 0,01 d	3612,78 ± 0,41 d	2650,9 ± 19,3 b	96,30
T4 (Hévéa pur)	52,09 ± 0,03 c	3795,11 ± 2,31 c	2752,65 ± 4,85 a	100
F	9765	11159	9765	
P	<0,000000	<0,000000	<0,000000	

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.



APH : Année de Production de l'hévéa

Les traits pleins représentent l'évolution de la production et les pointillés représentent la prévision linéaire de production de chaque traitement

Figure 2 : Évolution de la production hévéicole à l'hectare

4.3 Évaluation du Land Equivalent Ratio (LER)

Les valeurs du LER de la première année de production de l'hévéa pour les trois associations sont supérieures à 1 (Tableau 3). Elles sont respectivement pour T1, T2 et T3 supérieures de 45 p.c. ; 01 p.c. et 28 p.c. à la somme des rendements de leurs composantes sur la même surface en culture pure. En cette même année, la production hévéicole du traitement 3 est supérieure à celle de la culture pure et la production caféière du traitement 1 est supérieure à celle du témoin café. Les résultats

de calcul des LER de la sixième et la septième année de production de l'hévéa présentent une valeur supérieure à 1 seulement pour les traitements 1 et 3. Les valeurs de LER de ce traitement qui représente l'association Hévéa-Café espacé de 33 m sont de 1,14 à la cinquième année et de 1,32 à la sixième année de production de l'hévéa. Quant à T2, le LER donne des valeurs inférieures à 1 ces deux dernières années. La production caféière de T3 est supérieure à celle du témoin durant la sixième et la septième année de production de l'hévéa.

Tableau 3 : Taux de surface équivalente ou the Land Equivalent Ratio (LER)

Traitements	APC 5 et APH 1	APCAR 1 et APH 6	APCAR 2 et APH 7
-------------	----------------	------------------	------------------

	LPC	LPH	LER	LPC	LPH	LER	LPC	LPH	LER
T 1	1,03	0,42	1,45	0,78	0,50	1,29	0,77	0,55	1,32
T 2	0,48	0,53	1,01	0,01	0,88	0,88	0,01	0,84	0,85
T 3	0,26	1,02	1,28	0,00	1,02	1,02	0,00	1,04	1,04
T 4	1,00		1,00	1,00		1,00	1,00		1,00
T 5		1,00	1,00		1,00	1,00		1,00	1,00

LPC : LER partiel pour le Café ; LPH : LER partiel pour L'Hévéa, LER : Land Equivalent Ratio, APC : Année de Production du Café, APCAR : Année de Production du Café Après Recépage, APH : Année de Production de l'Hévéa

5 DISCUSSION

5.1 Caféier : La brièveté dans la production caféière dans les systèmes T 2 et T 3 serait imputable au recouvrement des caféiers par l'ombrage des hévéas créant une compétition pour la lumière. En effet la densité des hévéas et l'écart entre ses doubles lignes favorisent une occupation rapide des interlignes par leurs couronnes foliaires et par les racines latérales. Les caféiers se retrouvent alors dans un microclimat à faible flux lumineux sous forte densité d'hévéas impropre à la réalisation de la photosynthèse des plantes et à leur production. En outre, une compétition pour l'eau et les éléments minéraux du sol entre les deux cultures en présence pourrait également justifier cette rupture de production. Les racines des hévéas commencent à exploiter le sol dans une bonne partie de la largeur des interlignes (Anonyme, 2005), à partir de la troisième année. Ce qui justifierait une baisse générale de la production mais particulièrement chez les caféiers plus proches des hévéas. Les compétitions pour les éléments du milieu s'accroissent à la cinquième année, période à laquelle les caféiers ne peuvent utiliser convenablement l'engrais minéral qui leur est apporté à cause de l'ombrage, alors la production s'arrête. Quant aux traitements 1 et 5, les productions reprennent de belle après le recépage. Cette production est dominée par le traitement café pur. Les végétaux ont un fonctionnement et donc un développement optimal lorsque les conditions environnementales sont adéquates et optimales. Ces conditions sont établies par un bon rayonnement solaire qui est la source de l'énergie chimique nécessaire à la fabrication du carbone

qui va permettre le développement de la plante. En effet, le développement (croissance et morphogénèse) d'une plante est la résultante de la fixation du CO₂ atmosphérique pour produire des glucides. Ces glucides vont servir à l'édification du bois, c'est-à-dire de la structure morphologique de la plante, mais aussi servir de base au métabolisme de la plante. L'efficacité de la photosynthèse dépend directement de la surface de contact entre l'air et la feuille. Cette surface de contact est 3 à 5 fois plus grande dans l'atmosphère qu'au sol. Plus les végétaux sont hauts, plus leurs feuilles sont en contact avec l'air et son CO₂. Les plantes recherchent donc le maximum de lumière et de CO₂ pour leur développement, par une croissance verticale. Par ailleurs, chaque culture, selon le système dans lequel il évolue, est sujette à divers phénomènes de compétition, de synergie, de symbiose... dans son milieu, qui influence l'expression de son potentiel de production. Ainsi, quel genre de relation existe entre les caféiers et les hévéas du traitement T1, d'autant plus que le nombre de caféiers dudit traitement ne représente que 62 p.c. de celui en T5. Il existe apparemment une synergie entre les hévéas plantés à faible densité et les caféiers. En effet, dans le système T1, l'espace entre les doubles lignes d'hévéas de 33 m représente le double de l'espace dans le traitement T2 et le triple de celui de T3. Malgré vigueur des hévéas, la concurrence pour la lumière ne se pose pas et les caféiers bénéficient d'un léger ombrage utile à une bonne production.

5.2 Hévéa : L'analyse de variance de la production de l'hévéa à l'hectare et à l'arbre

montre une différence significative entre tous les traitements. La production à l'hectare est majorée par le traitement avec les hévéas purs et minorée par le traitement avec les hévéas séparés de 33 m. Cela s'explique dans les cas de T1 et T2 par des densités de plantation faibles. En effet, les traitements T1 et T2 ne dispose respectivement que de 198 et 376 arbres à l'hectare. Par contre la production de caoutchouc à l'arbre est dominée par le traitement 1. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les pieds d'hévéa du traitement 1 présente les plus gros troncs ($68,8 \pm 0,2$ cm). En effet, dans le traitement 1, les hévéas séparés de 33 m jouissent une très bonne aération. Aussi, la faible densité réduit-elle la compétition au niveau des nutriments. De plus, la présence des caféiers de part et d'autre des doubles lignes crée un micro climat favorable au développement de la plante. Tous ces facteurs sont nécessaires pour la bonne croissance isodiamétrale. La production à l'arbre la moins importante est observée dans le traitement 3. De plus, T3 initialement planté à la même densité que le témoin se retrouve avec un rendement plus faible. Cela pourrait être dû à un nombre trop important de plantes dans ce système (510 hévéas et 760 caféiers) durant les cinq premières années de production des caféiers. Le recépage des caféiers pourrait être favorable à la production hévéicole de ce traitement dans la mesure où le nombre d'arbres de l'espace diminue. Ainsi, à partir de la sixième année, la production du traitement 3 devient supérieure à celle de tous les autres traitements. Les courbes de prévision linéaire sont

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif de l'étude était d'analyser la production des associations hévéa-caféier en Côte d'Ivoire en générale et dans le Sud-ouest en particulier. L'étude a été réalisée à travers un essai d'association. Les résultats obtenus au terme de l'étude ont montré que les caféiers associés à des doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m (T1) produisent autant à l'hectare que ceux en culture pure (T5). La production de cafés associés à des doubles lignes d'hévéa distantes de

croissantes pour tous les traitements. Cela montre que la production de tous les traitements augmentera au fil du temps. Dans l'ensemble, l'hévéa associé aux caféiers produit moins de caoutchouc à l'hectare que l'hévéa en culture pure. Le système hévéa-caféier avec doubles lignes hévéas espacées de 33 m produit statistiquement moins de caoutchouc que les deux autres traitements.

5.3 Évaluation du Land Equivalent Ratio (LER) : La valeur du LER de la première année de production de l'hévéa pour les trois associations est supérieure à 1. De plus, la production du café en association dans les 33 m est supérieure à celle de la culture pure. Cela indique que la culture associée est plus bénéfique, en termes d'utilisation de la terre, par rapport à la culture pure de l'hévéa et du caféier. Les résultats de calcul des LER de la sixième et septième année de production de l'hévéa présentent une valeur supérieure à 1 seulement pour les traitements 1 et 3. Ainsi, au-delà de la première année de production de l'hévéa, le traitement avec les hévéas séparés de 16 m n'est plus bénéfique. Le traitement avec les hévéas séparés de 11 m présente les mêmes performances que les cultures pratiquées séparément. Aussi la production de l'hévéa du traitement 3 durant ces deux (2) années est-elle supérieure à celle de la culture pure. Ce qui est corroboré par le LER partiel de l'hévéa supérieur à 1. Le traitement 1, c'est-à-dire le traitement avec les hévéas séparés de 33 m est bénéfique par rapport à tous les autres.

16 m (T2) ou de 11 m (T3) est significativement plus faible et s'arrête après 5 ans. Par contre, dans le système avec doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m (T1), une production de café peut être obtenue bien au-delà des 5 ans. Ce même traitement qui a la production à l'arbre la plus importante et la production à l'hectare la plus faible est le plus rentable avec un LER de 1,32. La production à l'hectare de l'hévéa est majorée par le traitement avec hévéa pure.

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme (2005). Association Ivoirienne des Sciences Agronomiques (AISA), 2005. Agronomie africaine, Revue scientifique, 71p
- ANADER, (2014). Rapport de monographie (Document interne). ANADER Man, 23 p.
- Compagnon P., (1986). Le caoutchouc naturel, biologie – culture – production. Paris. Maisonneuve et Larose, 583 p.
- Direction Générale de l'Aménagement du Territoire et du Développement Régional (DGATDR), (2015). Études monographiques et économiques des districts de Côte d'Ivoire district du Bas-Sassandra ; 70 p
- Gnagne Y. M., Elabo A.E.E., Wahounou P. J., Obouayeba S., (2016) Facteurs de marginalité à l'hévéaculture dans l'ancienne boucle du cacao, au centre-est de la Côte d'Ivoire. ATELIER IRRDB-les 28-29-30/09/2016
- Gohet E., Prévôt J. C., Eschbach J. M., Clément A. & Jacob J. L., (1996). Hevea latex production, relationship with tree growth, influence of clonal origin and Ethrel stimulation. In : IRRDB (Editor), Symposium on physiological and molecular aspects of the breeding of *Hevea brasiliensis*, Brickendonbury, pp. 200-216.
- Gomez J.B., (1982). Anatomy of Hevea and its influence on latex production. Malaysian Rubber Research and Board (MRRDB), monograph n°7, Kuala Lumpur, 76 p.
- Jacob J.L., Prévôt J.C., Lacrotte R., Eschbach J.M. (1995), Le diagnostic latex. Fiche technique. CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France 5p.
- Kéli Z. J., (2003). Programme de deuxième génération ; Commission : Cultures d'exportation. Document de travail CNRA, 139 p.
- Kéli Z. J., (2017). La direction régionale du CNRA de Man en quelques mots et chiffres, Document interne 12 p.
- Kouassi K. G., (2010). Analyse technique et socio-économique de l'exploitation agricole de M. Djato Emmanuel à Emmanuel-Bango (département de San Pedro), École Supérieure d'Agronomie (ESA) INPHB ; Rapport de stage de fin de première année d'agronomie générale. 60p.
- Kouassi B. S. T., (2018). Défis de politique, de développement et de durabilité du caoutchouc naturel en Côte d'Ivoire, International Rubber Conference and IRRDB Annual Meeting, 22-24 october 2018, Abidjan, Côte d'Ivoire, 16 p.
- Ruf F., (2009). L'adoption de l'hévéaculture en Côte d'Ivoire. Prix, imitation et changement écologique. INRA/SFER/CIRAD, 22 p.
- Salez P., (1988). Compréhension et possibilités d'amélioration des systèmes de cultures associées céréale-légumineuse à graine dans l'Ouest Cameroun. Thèse de Doctorat-Ingénieur, ENSA, Montpellier, France, 190 p.
- Thomas V., Premakumari D., Reghu C.P., Panikkar A.O.N. et Saraswathy A.C.K., (1995). Anatomical and histochemical aspects of bark regeneration in *Hevea brasiliensis*. *Ann. Bot. Comp.*, 75 : 421 - 426.
- Traoré M. S., (2014). Effets de différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique sur les paramètres agrophysiologiques des clones d'*Hevea brasiliensis* mill. Arg. (*Euphorbiaceae*), PB 235, PB 260, GT 1 et PB 217 cultivés au sud-est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat ; UFR biosciences ; Université Félix Houphouët- Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire) 195 p.

RESUME

L'économie de la Côte d'Ivoire repose sur l'agriculture dominée par le binôme café-cacao. Cette agriculture s'est traduite par la chute de la production du café dans les années 80. La diversification qui a induit de nouvelles spéculations comme l'hévéa, devient salvatrice. Cependant, l'évolution de l'hévéa dans l'Ouest de notre pays qui est une zone caféière déjà confrontée à une saturation foncière peut y bouleverser la dynamique des systèmes de production et conduire souvent à des phénomènes de substitutions. La présente étude se veut de proposer une solution à la concurrence qui pourrait opposer l'hévéa au caféier. L'objectif de l'étude est de déterminer une association hévéa-caféier performante pour une utilisation optimale de l'espace agraire. Cette étude a été réalisée à travers une enquête afin de diagnostiquer la place de l'hévéa dans les systèmes de production de l'Ouest de la Côte d'Ivoire et une expérimentation en vue d'évaluer les performances agro-économiques des traitements. Il est ressorti des enquêtes que les hévéaculteurs sont majoritairement des autochtones de sexe masculin et relativement âgés. Le précédent cultural dominant est le caféier (45,63 p.c.). L'hévéaculture occupe 46 p.c. des surfaces emblavées avec un système de culture majoré par les associations (67,87p.c.). Ces associations sont faites principalement avec le vivrier (86,83 p.c.). Les parcelles d'hévéa, de petite taille, (2,41 ha) sont plantées en mélange clonal dominé par le clone GT 1. Le pourridié des racines causé par le genre *Fomes*, est la maladie connue des hévéaculteurs. Les contraintes majeures liées à l'hévéaculture sont la baisse du prix et la mévente du caoutchouc, la pression foncière et le déficit d'encadrement. Concernant les performances agronomiques de l'association, les caféiers associés à des doubles lignes d'hévéa espacées de 33 m produisent autant à l'hectare que ceux en culture pure. Cette production continue après le recepage des caféiers. Au niveau des traitements avec les caféiers associés à des doubles lignes d'hévéa distantes de 16 m et 11 m la production est significativement plus faible et devient nulle après 5 ans (après le recepage). Pour ce qui concerne l'hévéa, le traitement 1 a les plus gros troncs, la production à l'arbre la plus importante et la plus faible production à l'hectare. Ce traitement est le plus rentable avec un LER de 1,32 et une marge brute de 4 942 998 FCFA.

Mots clés : Hévéa, Café, Système de culture, Système de production, Association culturale, Man

ABSTRACT

The economy of the Côte d'Ivoire based on agriculture dominated by the coffee-cocoa duo. This agriculture resulted in the drop in coffee production in the 1980s. The diversification which has given rise to new speculations such as rubber, is becoming life-saving. However, the evolution of rubber trees in the west of our country, which is a coffee area already facing land saturation, can upset the dynamics of production systems and often lead to substitution phenomena. The present study is intended to propose a solution to the competition which could pit the rubber tree against the coffee tree. The objective of the study is to determine an efficient rubber-coffee association for optimal use of agrarian space. This study was carried out through a survey to diagnose the place of rubber in the production systems of western Côte d'Ivoire and an experiment to assess the agro-economic performance of treatments. Surveys have shown that rubber growers are predominantly indigenous males and relatively old. The previous dominant crop is coffee (45.63 p.c.). Rubber cultivation occupies 46 p.c. of farm surfaces with a cultivation system increased by associations (67.87 p.c.). The associations are mainly made with the food crop (86.83 p.c.). The small rubber plots (2.41 ha) are planted in a clonal mixture dominated by the GT 1 clone. Root rot caused by the genus *Fomes* is the disease known to rubber growers. The major constraints linked to rubber cultivation are the fall in the price and sluggish sale of rubber, land pressure and the lack of supervision. Regarding the agronomic performance of the association, the coffee trees associated with double lines of rubber trees spaced 33 m apart produce as much per hectare as those in pure cultivation. This production continues after reaping of the coffee trees. In terms of treatments with coffee trees associated with double lines of rubber trees 16 m and 11 m apart, production is significantly lower and becomes zero after 5 years (after reaping). Regarding rubber, treatment 1 has the largest trunks, the highest production per tree and the lowest production per hectare of rubber. This treatment is the most profitable with an LER of 1.32 and a gross margin of 4,942,998 FCFA.

Keywords: Rubber, Coffee, Cropping system, Production system, Cultural association, Man