



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE



ANNEE UNIVERSITAIRE:

2018 - 2019

N° D'ORDRE: 13

THESE DE DOCTORAT

Pour l'obtention du grade de Docteur de
l'Université Jean LOROUGNON GUEDE

Mention: AGRICULTURE ET FORESTERIE
TROPICALE

Spécialité: AGROPHYSIOLOGIE

THEME:

EFFET DE DIFFERENTES TECHNIQUES
CULTURALES SUR LES PARAMETRES AGRO-
PHYSIOLOGIQUES ET SANITAIRES DE
L'HEVEA (*HEVEA BRASILIENSIS* MUELL.
ARG) AU SUD-OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE

CANDIDAT

Nom: BALLO

Prénoms: Espérance
Kouadio

Soutenue publiquement
le 14 décembre 2019

JURY

Président: M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Co-Directeur de Thèse: M. KOUADIO Yatty Justin, Professeur Titulaire, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Co-Directeur de Thèse: M. OBOUAYEBA Samuel, Directeur de Recherche, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Rapporteur: M. BAKAYOKO Sidiky, Maître de Conférences, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Examineur: M. KOUASSI N'Dri Jacob, Maître de Conférences, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Examineur: M. KOFFI Kouablan Edmond, Directeur de Recherche, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)



ANNEE UNIVERSITAIRE:

2018 - 2019

N° D'ORDRE: 13

CANDIDAT

Nom: BALLO

Prénoms: Espérance
Kouadio

THESE DE DOCTORAT

Pour l'obtention du grade de Docteur de
l'Université Jean LOROUGNON GUEDE

Mention: AGRICULTURE ET FORESTERIE
TROPICALE

Spécialité: AGROPHYSIOLOGIE

THEME:

EFFET DE DIFFERENTES TECHNIQUES
CULTURALES SUR LES PARAMETRES AGRO-
PHYSIOLOGIQUES ET SANITAIRES DE
L'HEVEA (*HEVEA BRASILIENSIS* MUELL.
ARG) AU SUD-OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE

JURY

Président: M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Co-Directeur de Thèse: M. KOUADIO Yatty Justin, Professeur Titulaire, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Co-Directeur de Thèse: M. OBOUAYEBA Samuel, Directeur de Recherche, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Rapporteur: M. BAKAYOKO Sidiky, Maître de Conférences, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Examineur: M. KOUASSI N'Dri Jacob, Maître de Conférences, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)

Examineur: M. KOFFI Kouablan Edmond, Directeur de Recherche, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)

Soutenue publiquement le
14 décembre 2019

TABLE DES MATIERES

Pages

TABLE DES MATIERES	i
DEDICACE.....	vii
REMERCIEMENTS	viii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	x
LISTE DES TABLEAUX.....	xiii
LISTE DES FIGURES	xvi
INTRODUCTION.....	1
PREMIÈRE PARTIE: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	6
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS SUR L'HÉVÉA.....	7
I.1. Origine et distribution géographique	7
I.2. Taxonomie et systématique.....	7
I.3. Description générale de la plante	8
I.4. Intérêt socio-économique et impact environnemental	11
I.4.1. Intérêt socio-économique.....	11
I.4.2. Impact environnemental.....	12
I.5. Maladies	12
I.5.1. Maladies des feuilles.....	13
I.5.2. Maladies des racines	13
I.5.3. Encoche sèche.....	13
I.5.4. Plantes parasites	14
CHAPITRE II: FONCTION LATICIGÈNE ET PRODUCTION DE CAOUTCHOUC	15
II.1. Biosynthèse du caoutchouc	15
II.2. Paramètres physiologiques du latex en rapport avec la production de caoutchouc.....	17
II.2.1. Extrait sec du latex (Ex.S ou DRC).....	17
II.2.2. Saccharose (Sac).....	17
II.2.3. Phosphore inorganique (Pi)	18
II.2.4. Groupements thiols (R-SH).....	18
II.3. Typologie clonale de fonctionnement métabolique du système laticigène	19
II.3.1. Classe des clones à métabolisme actif ou rapide.....	19
II.3.2. Classe de clones à métabolisme moyennement actif ou modéré.....	20

II.3.3. Classe des clones à métabolisme peu actif ou lent	20
II.4. Facteurs limitant de la production de latex	20
II.4.1. Ecoulement du latex	21
II.4.1.1. Cinétique de l'écoulement et de la coagulation	21
II.4.1.2. Régénération du latex in situ	22
II.4.2. Croissance végétative de la plante	23
II.5. Technique de récolte du latex	24
II.5.1. Système de saignée	24
II.5.2. Stratégie de stimulation hormonale de la production de caoutchouc	26
II.5.2.1. Paramètres de l'intensité de stimulation hormonale	27
II.5.3. Mode de stimulation hormonale	28
CHAPITRE III: ITINERAIRES TECHNIQUES DE PLANTATION D'HEVEA	29
III.1. Préparation de terrain et devenir des hévéas	29
III.1.1. Précédent cultural et techniques de préparation de terrain	29
III.1.2. Pratiques de défriche	31
III.1.3. Andainage ou mise en tas de rémanents	31
III.1.4. Piquetage et trouaison des emplacements	32
III.1.4.1 Trouaison manuelle	33
III.1.4.2 Trouaison mécanique	33
III.1.5. Trouaison consécutive au sous-solage	35
III.2. Dispositif et densité de plantation	37
III.2.1. Dispositif de plantation	37
III.2.2. Densité de plantation	38
III.2.3. Evolution de la densité avec l'âge de la plantation	39
III.3. Les porte-greffes issus de clones	40
III.3.1. Conduite des plants en jauge	42
III.3.2. Age de la partie greffée à la date de la transplantation	42
III.4. Conditions d'installation d'une plantation d'hévéa	43
III.4.1. Conditions climatiques	43
III.4.2. Planting	43
DEUXIÈME PARTIE: MATÉRIELS ET MÉTHODES	45
CHAPITRE IV: CARACTERISTIQUES DU MILIEU D'ETUDE	46
IV.1. Situation géographique	46

IV.2. Climat.....	46
IV.3. Végétation	46
IV.4. Sol	48
IV.5. Stations expérimentale et météorologique du site d'étude.....	48
CHAPITRE V: MATERIEL	49
V.1. Matériel végétal.....	49
V.2. Matériel technique	49
V.2.1. Matériel de terrain	50
V.2.2. Matériel de laboratoire	50
CHAPITRE VI: METHODES	51
VI. Méthologie et dispositif appliqués	51
VI.1. Précédents cultureux et modes de préparation de terrain sur les paramètres agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques du clone GT 1 de <i>Hevea brasiliensis</i>	51
VI.1.1. Dispositif expérimental et choix des arbres	51
VI.2. Dispositif et densité de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de <i>Hevea brasiliensis</i>	53
VI.2.1. Dispositif expérimental et choix des arbres	53
VI.3. Porte-greffes issus de clones sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires des clones PB 217, GT 1, PB 235 et PB 260 de <i>Hevea brasiliensis</i>	56
VI.3.1. Dispositif expérimental et choix des arbres	56
VI.4. Date de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de <i>Hevea brasiliensis</i>	57
VI.4.1. Dispositif expérimental et choix des arbres	58
VI.5. Technologie de récolte du latex	58
VI.6. Paramètres mesurés.....	59
VI.6.1. Paramètres climatiques	59
VI.6.2. Paramètres agronomiques	59
VI.6.2.1. Taux d'arbres vivants.....	59
VI.6.2.2. Production de caoutchouc	60
VI.6.2.3. Croissance isodiamétrique du tronc	60
VI.6.3. Détermination des paramètres physiologiques du latex.....	62
VI.6.3.1. Taux d'extrait sec du latex	62
VI.6.3.2. Préparation du 'sérum trichloracétique'	63

VI.6.3.3. Dosage du saccharose du latex.....	63
VI.6.3.4. Dosage du phosphore inorganique du latex	64
VI.6.3.5. Dosage des groupements thiols du latex	64
VI.6.4. Paramètres sanitaires des hévéas.....	64
VI.6.4.1. Relevé d'hévéas infectés par le pourridié des racines causé par le genre <i>Fomes</i>	65
VI.6.4.2. Estimation visuelle de l'encoche sèche.....	67
VI.6.5. Rentabilité économique de la culture de l'hévéa	68
VI.6.5.1. Collecte des données	68
VI.6.5.2. Calculs économiques.....	69
VI.5.6. Analyses statistiques	69
TROISIÈME PARTIE: RÉSULTATS ET DISCUSSION	71
CHAPITRE VII: EFFET DE DIFFÉRENTS PRÉCÉDENTS CULTURAUX ET MODES DE PRÉPARATION DE TERRAIN SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES, SANITAIRES ET ECONOMIQUES DU CLONE GT 1 DE <i>HEVEA BRASILIENSIS</i>	72
VII.1. Taux d'arbres vivants	72
VII.2. Production de caoutchouc et croissance végétative.....	73
VII.2.1. Evolution de la production au cours de neuf années de culture	73
VII.2.2. Production à l'arbre et par saignée ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$), à l'arbre et par année ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$), à l'hectare et croissance végétative en épaisseur du tronc	74
VII.3. Paramètres physiologiques des arbres	75
VII.4. Sensibilité à l'encoche sèche des arbres	77
VII.5. Mortalité des arbres due à la maladie des racines (<i>Fomes</i>)	78
VII.6. Rentabilité économique selon les précédents culturels et mode de préparation de terrain	79
VII.7. Discussion.....	81
VII.7.1. Effet de différents modes de préparation de terrain sur la culture du clone GT 1 de <i>Hevea brasiliensis</i>	81
VII.7.2. Effet des précédents culturels sur la culture du clone GT 1 de <i>Hevea brasiliensis</i> ..	82
VII.1.8.3. Analyse économique de différents précédents culturels et modes de préparation de terrain sur le clone GT 1	83
CHAPITRE VIII: EFFET DE LA DISPOSITION ET DE DENSITÉ DE PLANTATION SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET SANITAIRES DU CLONE GT 1 DE <i>HEVEA BRASILIENSIS</i>.....	85

VIII.1. Taux d'arbres vivants	85
VIII.2. Production de caoutchouc et croissance végétative	87
VIII.2.1. Evolution de la production à l'hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$) au cours des neuf années de culture.....	87
VIII.2.2. Production à l'arbre par saignée ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) et à l'arbre par année ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$)	88
VIII.2.3. Production annuelle	88
VIII.2.4. Croissance végétative en épaisseur du tronc	88
VIII.3. Paramètres physiologiques du latex	90
VIII.3.1. Taux d'extrait sec	90
VIII.3.2. Teneur en saccharose.....	90
VIII.3.3. Teneur en phosphore inorganique	90
VIII.3.4. Teneur en groupement thiols	91
VIII.4. Sensibilité à l'encoche sèche des arbres	94
VIII.1.6. Discussion	95
VIII.1.7. Conclusion partielle.....	97
CHAPITRE IX: EFFET DE PORTE-GREFFES ISSUS DE CLONES SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET SANITAIRES DES CLONES PB 217, GT 1, PB 235 ET PB 260 DE <i>HEVEA BRASILIENSIS</i>.....	
IX.1. Taux d'arbres greffés vivants.....	98
IX.2. Production de caoutchouc des arbres greffés et croissance végétative.....	99
IX.2.1. Production à l'arbre et par saignée ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)	99
IX.2.2. Production à l'arbre et par année ($\text{g}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$)	100
IX.2.3. Production à l'hectare	100
IX.2.4. Croissance végétative en épaisseur du tronc.....	101
IX.3. Caractéristiques physiologiques des arbres greffés	102
IX.3.1. Taux d'extrait sec.....	102
IX.1.4.2. Teneur en saccharose	103
IX.1.4.3. Teneur en phosphore inorganique.....	103
IX.1.4.4. Teneur en groupement thiols.....	104
IX.1.5. Sensibilité à l'encoche sèche des arbres.....	105
IX.1.6. Discussion	107
IX.1.7. Conclusion partielle	1099

CHAPITRE X: EFFET DE LA DATE DE PLANTATION SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET SANITAIRES DU CLONE GT 1 DE <i>HEVEA BRASILIENSIS</i>	110
X. Variation des paramètres climatiques.....	110
X.1. Pluviométrie mensuelle	110
X.2. Température mensuelle	110
X.3. Durée d'insolation	112
X.4. Conditions climatiques et évaluation agronomique	112
X.4.1. Taux d'arbres vivants	112
X.4.2. Production de caoutchouc et croissance végétative	114
X.4.2.1. Evolution de la production moyenne annuelle après neuf années de saignée	114
X.4.2.2. Production à l'arbre et par saignée ($\text{g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$).....	115
X.4.2.3. Production de caoutchouc par l'arbre et par année ($\text{g.a}^{-1}.\text{an}^{-1}$).....	116
X.4.2.4. Production à l'hectare.....	116
X.4.2.5. Croissance végétative en épaisseur du tronc	116
X.3. Paramètres physiologiques des arbres	118
X.2.5. Sensibilité à l'encoche sèche des arbres	121
X.2.6. Discussion	123
X.2.7. Conclusion partielle.....	125
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	126
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	130
ANNEXES	147
PUBLICATIONS TIREES DE LA THESE	149
CONTRIBUTION A DES CONGRES INTERNATIONAUX.....	150

DEDICACE

Je dédie cette thèse à:

- Mon père, Monsieur BALLO Koffi Célestin et à ma mère, TOURE Thérèse épouse BALLO, qui ont su me donner une chance.

- Ma fiancée ZEZE Kélio Louise pour son amour, son soutien et sa compréhension.

- Mon fils BALLO Miensah Ange-Kilian pour son amour.

- Tous mes frères et sœurs pour leur soutien et leur encouragement.

REMERCIEMENTS

Les travaux rapportés dans le présent mémoire ont été réalisés au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), précisément au Laboratoire d'Agronomie-physiologie de l'hévéa de la Station de recherche de Bimbresso (Abidjan). Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du développement de l'hévéaculture en Côte d'Ivoire, entrepris par le programme hévéicole du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), à travers le projet sur L'amélioration de la productivité des clones d'hévéa testant différentes techniques culturales. Les essais ont été conduits pendant neuf années à la SCASO (Société Civile Agricole du Sud-Ouest, ex HEVEGO).

Avant d'exposer les résultats de nos travaux, nous tenons à manifester notre infinie reconnaissance à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à leur progression et consolidation, tant moralement que matériellement.

Nous adressons nos sincères remerciements et exprimons notre infinie reconnaissance aux responsables des institutions qui nous ont permis de conduire à terme nos travaux. Nous nommons, Madame la Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE et Monsieur le Directeur Général du CNRA, Docteur YTE Wongbé. Qu'ils trouvent en ces quelques mots, l'expression de notre infinie gratitude.

Nous exprimons notre reconnaissance à Madame la Doyenne de l'UFR Agroforesterie, le Docteur TRAORE Karidia, pour l'énorme travail qu'elle abat relativement à la formation des étudiants de l'UFR.

A Monsieur GNOHOURY Goly Phillipe, Directeur de la station de recherche CNRA de Bimbresso (Abidjan), nous exprimons notre profonde gratitude pour nous avoir accueilli sur la station.

Nous exprimons toute notre reconnaissance au Professeur KOUADIO Yatty Justin, enseignant-chercheur à l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé à Daloa (Côte d'Ivoire). Il a guidé nos premiers pas dans la recherche, en acceptant d'être notre Directeur scientifique depuis la préparation du mémoire de Master des sciences de la vie et de la terre jusqu'à la Thèse. Nous avons bénéficié de ses grandes qualités pédagogiques et de sa rigueur scientifique. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude et de nos sincères remerciements.

Le co-encadrement de ce travail a été assuré par le Docteur OBOUAYEBA Samuel, Directeur de recherche et Chef de Programme Hévéa/CNRA-Bimbresso (Abidjan). Sa grande culture et sa compétence dans le domaine des techniques culturales en hévéaculture ont été

d'un grand apport pour l'élaboration de ce mémoire. Qu'il soit assuré de notre profond respect et de notre gratitude.

Au Professeur KONE Tidiani, pour l'immense honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider cette thèse. Nous tenons à lui témoigner toute notre gratitude pour sa disponibilité. Que le Docteur BAKAYOKO Sidiky qui a été rapporteur de cette thèse trouve en ces mots l'expression de notre gratitude pour ses suggestions et conseils qui nous ont permis d'améliorer la qualité de notre travail. Au Docteur KOUASSI N'Dri Jacob, examinateur de cette thèse, qui n'a pas hésité à faire partie du jury, nous lui adressons nos sincères remerciements pour sa précieuse contribution à l'amélioration de ce travail. Nos sincères remerciements vont à l'endroit de Docteur KOFFI Kouablan Edmond, examinateur de cette thèse, pour sa disponibilité et ses encouragements. Nous voudrions lui exprimer notre infinie reconnaissance pour son inestimable contribution à l'amélioration de ce travail.

Aux enseignants de l'UFR Agroforesterie et en particulier, à ceux de l'unité de Physiologie Végétale de l'Université Jean Lorougnon Guédé, qui acceptent chaque année de livrer leur savoir, nous leur témoignons ici notre reconnaissance.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements aux chercheurs de la station de recherche de Bimbresso, les Docteurs KONAN Djézou, N'GUETTA Adélaïde, OTTRO Serge, ATSIN Guy Joël Olivier, ABY N'goran, THIEMELE Deless, ELABO Angéline épouse CONGO, TRAORE Siaka, WAHOUNOU Jean Polié, KOBENAN Kouman, Madame OKOMA Muriel épouse EHOUNOU (Ingénieur Agronome) et Monsieur GNAGNE Michel (Ingénieur Agronome). Nous remercions enfin Mesdames BLECKOU Lydie et ESMEL Thérèse, secrétaires du Directeur de la station ainsi que tous les auxiliaires techniques du Laboratoire d'Agronomie-physiologie de la station, pour leur contribution à ce travail. Nous ne saurions oublier les amis stagiaires de la station de Bimbresso, notamment ESSEHI Jean Lopez, YAO Alban Prosper, ADOU Bini Yao Christophe, KOUAKOU N'guessan Pulcherie, MORO Affia Perpetue et JOSEPH Kouamé James Kouassi. Qu'ils soient remerciés pour leur sympathie et leur bonne collaboration. Aussi, remercions-nous spécialement LÉHI Malidy Irénée et DJÉNÉ Kouakou Roland, Doctorants respectivement à l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan et à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, pour nous avoir accordé une attention particulière tout au long de notre stage.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

Acc	: Accroissement annuel de circonférence
BO 1 et 2	: Panneaux de saignées bas A et B
Circ_n	: Circonférence des arbres de la campagne en cours
Circ_{n-1}	: Circonférence des arbres de la précédente campagne
CNRA	: Centre National de Recherche Agronomique
CT	: Coefficient de Transformation
CFA	: Communauté française d'Afrique
d	: Day (Jour)
d4 6d/7	: Saignée tous les 4 jours, 6 jours ouvrables sur 7
DTNB	: Acide dinitro-2,2'-dithio-5,5'-dibenzoïque
ES	: Nombre d'arbres pour lesquels la saignée est déjà arrêtée pour cause d'encoche sèche totale
ET	: Concentration en éthéphon, (matière active; notation internationale pour désigner la stimulation hormonale exogène à l'éthéphon)
Ex.S	: Extrait sec
F	: Franc
g.a⁻¹.an⁻¹	: Gramme par arbre et par année
g.a⁻¹.s⁻¹	: Gramme par arbre et par saignée
G.T	: Gondang Tapen
HEVEGO	: Société hévéicole du GO
i	: Nombre d'années de récolte du latex
III	: Illégal

INS	: Insolation
j	: Jour
kg.ha⁻¹.an⁻¹	: Kilogramme par hectare et par année
LEM (%)	: Pourcentage de longueur d'encoche malade
m	: Month (Mois)
m.a	: Matière Active
mmol.l⁻¹	: Millimoles par litre
Mt	: Million de tonnes
Muell. Arg	: Muller Argoviensis
N	: Nombre total d'arbres
ni	: Nombre d'arbres par classe d'encoche sèche
N.A.V/NAM	: Nombre d'arbres vivants/Nombre d'arbres morts
Pa	: Panneau de saignée
PB	: Prang Besar (région de Malaisie où ont été créés les clones PB dont PB 260, PB 235, PB 217)
Pc	: Poids Crêpé
Pf	: Poids frais
Pi	: Phosphore inorganique
Ps	: Poids sec
P	: Pluviométrie
R-SH	: Composés thiols
S.C.A.S.O	: Société Civile Agricole du Sud-Ouest
S	: Saignée en spirale entière

Sac : Saccharose

S/2 d4 6d/7 : Saignée en demi-spirale descendante, 3 fois par quinzaine, 6 j sur 7 avec 1 j de repos (notation internationale de systèmes de saignée)

SODEXAM : Société d'exploitation et de développement aéroportuaire, aéronautique et météorologique

T : Température

TCA : Acide trichloracétique

TNB : Acide thio-nitro benzoïque

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I: Valeurs de références des quatre paramètres physiologiques les plus importants du latex	18
Tableau II: Principales caractéristiques agronomiques des clones GT 1, PB 235, PB 260 et PB 217 utilisés au cours de la présente étude	49
Tableau III: Précédents culturaux et modes de préparation de terrain appliqués aux clones GT 1	52
Tableau IV: Note attribuée aux arbres au cours du relevé de l'encoche sèche	68
Tableau V: Peuplement du clone GT 1 soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain après neuf années de saignée	73
Tableau VI: Production moyenne de caoutchouc du clone GT 1 soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain, après neuf années de saignée	75
Tableau VII: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain après une année de saignée	76
Tableau VIII: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation des parcelles après neuf années de saignée	77
Tableau IX: Taux de longueur d'encoche malade du clone GT 1, soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain après neuf années de saignée	78
Tableau X: Taux de mortalité d'arbres dus au pourridié des racines causé par le genre <i>Fomes</i> du clone GT 1, soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain après neuf années de saignée.....	79
Tableau XI: Marges bénéficiaires (FCFA.ha ⁻¹ .an ⁻¹) en fonction de différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain obtenues du clone GT 1	80
Tableau XII: Effet de la disposition et de densité de plantation du clone GT 1 sur le taux d'arbres vivants, après neuf années de saignée	86
Tableau XIII: Effet de la disposition et de densité de plantation sur la production moyenne de caoutchouc et l'accroissement moyen annuel, après neuf années de saignée	89
Tableau XIV: Effet de la disposition et de densité de plantation sur les paramètres physiologiques du clone GT 1, après une année de récolte de latex	92

Tableau XV: Effet de la disposition et de densité de plantation sur les paramètres physiologiques du clone GT 1, après neuf années de récolte de latex	93
Tableau XVI: Effet de la disposition et densité de plantation sur la sensibilité d'encoche sèche du clone GT 1, après neuf années de saignée	94
Tableau XVII: Effet des porte-greffes issus de clones sur le peuplement des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260 à la première et à la neuvième année de récolte de latex .	99
Tableau XVIII: Effet des porte-greffes issus de clones sur la production moyenne de caoutchouc et accroissement moyen annuel des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260, après neuf années de saignée	102
Tableau XIX: Effet des porte-greffes issus de clones sur les paramètres physiologiques des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260 après une et neuf année de récolte de latex	104
Tableau XX: Effet des porte-greffes issus des clones sur les paramètres physiologiques des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260 après une et neuf années de récolte de latex	105
Tableau XXI: Effet des porte-greffes clonaux sur la sensibilité à l'encoche sèche des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260, après neuf années de récolte de latex.....	106
Tableau XXII: Peuplement du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation (Expérience mise en place en 1991), après neuf années de saignée.....	113
Tableau XXIII: Peuplement du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation Expérience mise en place en 1992, après neuf années de saignée	113
Tableau XXIV: Production moyenne de caoutchouc des arbres du clone GT 1 à différentes dates de planting après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1991	117
Tableau XXV: Production moyenne de caoutchouc des arbres du clone GT 1 à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1992.....	118
Tableau XXVI: Accroissement moyen annuel de circonférence des arbres du clone GT 1, à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expériences mises en place en 1991 et 1992.....	118
Tableau XXVII: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après une année de récolte de latex: Expérience mise en place en 1991.....	119

Tableau XXVIII: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1991	120
Tableau XXIX: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1992	120
Tableau XXX: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de récolte de latex: Expérience mise en place en 1992	121
Tableau XXXI: Pourcentage d'encoche sèche du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1991	121
Tableau XXXII: Pourcentage d'encoche sèche du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de récolte de latex: Expérience mise en place en 1992	122

LISTE DES FIGURES

Pages

Figure 1: Plantation d'hévéa en phase de production à Anguédédou (Côte d'Ivoire).....	9
Figure 2: Schéma de la croissance rythmique de l'hévéa	9
Figure 3: Feuille d'hévéa.....	10
Figure 4: Inflorescence d'hévéa	10
Figure 5: Fruits d'hévéa	11
Figure 6: Schéma de la synthèse isoprénique.....	16
Figure 7: Schéma présentant le rôle de l'hévéine dans la coagulation naturelle du latex de l'hévéa	22
Figure 8: Hévéa saigné en demi-spirale descendante.....	26
Figure 9: Hévéa saigné en quart de spirale inversée	26
Figure 10: Préparation mécanique du terrain	30
Figure 11: Mise en tas de rémanents	32
Figure 12: Piquetage des lignes.....	34
Figure 13: Trouaison mécanique.....	34
Figure 14: Sous-solage du terrain avant la mise en place de la plantation	36
Figure 15: Distribution des arbres en ligne dans une plantation de San-pedro Côte d'Ivoire .	38
Figure 16: Porte-greffes et greffon prélevé	41
Figure 17: Insertion du greffon et ligature du greffon.....	41
Figure 18: Carte présentant la zone favorable à la culture de l'hévéa en Côte d'Ivoire.	47
Figure 19: Diagramme ombrothermique de la zone d'étude de 1990 à 2006	48
Figure 20: Dispositif expérimental.....	54
Figure 21: Exemple de disposition en lignes.	55
Figure 22: Exemple de disposition en quinconce.....	55
Figure 23: Mesure de circonférence à 1,70 m du sol.	62
Figure 24: Incidence du <i>Fomes spp</i> en plantation d'hévéa en Côte d'Ivoire.	66
Figure 25: Evolution de la production de caoutchouc du clone GT 1 de <i>Hevea brasiliensis</i> cultivé selon différents modes de préparation de terrain et précédents culturels.....	74
Figure 26: Evolution de la production de caoutchouc du clone GT 1 de <i>Hevea brasiliensis</i> cultivés sur différents dispositifs et densités	87
Figure 27: Diagramme ombrothermique de la zone d'étude en 1991	111

Figure 28: Diagramme ombrothermique de la zone d'étude en 1992	111
Figure 29: Evolution de l'insolation (heures) dans la zone d'étude en 1991 et en 1992	112
Figure 30: Evolution de la production (expérience mise en place en 1991) de caoutchouc du clone GT 1 de l'hévéa sur neuf ans de saignée	114
Figure 31: Evolution de la production (expérimentation mise en place en 1992) de caoutchouc du clone GT 1 de l'hévéa sur neuf ans de saignée	115

INTRODUCTION

La culture de l'hévéa (*Hevea brasiliensis*, Euphorbiaceae) originaire il y a deux siècles, du bassin amazonien, actuel Brésil, est devenue aujourd'hui l'objet d'une importante activité économique à travers le monde, du fait qu'il génère d'énormes revenus (Rodrigo *et al* 2011; Ahoba, 2011). Il est la principale source de caoutchouc naturel utilisé dans divers domaines, en particulier dans le pneumatique (Sekhar, 1989; Alhassane *et al.*, 2015). Les pneus confectionnés avec du caoutchouc d'hévéa sont plus résistants à la déchirure que ceux faits avec du caoutchouc synthétique (Nayanakantha & Seneviratne, 2007; Pathiratna *et al.*, 2007). La production mondiale annuelle de caoutchouc naturel croît sans cesse. Cette production est passée de 8 millions de tonnes en 2002 à 13,7 millions de tonnes en 2018 (APROMAC, 2019). L'Asie a assuré à elle seule près de 94 % de cette production. La Thaïlande, avec 3 800 000 tonnes, vient au premier rang mondial. Les principaux pays producteurs classés par ordre décroissant sont, la Thaïlande (3,8 millions de tonnes), l'Indonésie (3,5 millions de tonnes), la Malaisie (0,9 millions de tonnes), le Vietnam (0,8 millions de tonnes) et la Côte d'Ivoire (0,7 millions de tonnes). En revanche, sur la période 2002 à 2018, la demande mondiale a fortement augmenté avec une croissance annuelle moyenne des importations mondiales de 19,4 % (APROMAC, 2019).

La production ivoirienne a dépassé 620 000 tonnes de caoutchouc naturel en 2018 (APROMAC, 2019), dépassant les prévisions qui étaient de l'ordre de 600 000 tonnes à l'horizon 2020 et confortant sa place de 1^{er} pays producteur africain de caoutchouc naturel et de 6^{ème} au niveau mondial (Koulibaly *et al.*, 2016). Le caoutchouc naturel est le 4^{ème} produit d'exportation de la Côte d'Ivoire, qui génère plus de 400 milliards de Francs CFA. Malgré ce rang honorable qu'occupe le pays, la production ivoirienne de caoutchouc naturel ne représente que 2,2 % de la production mondiale (APROMAC, 2019). Il apparaît donc nécessaire d'accroître cette production ivoirienne, afin de répondre à la demande mondiale de caoutchouc naturel sans cesse croissante.

La production chez l'hévéa, contrairement aux autres plantes qui donnent des fruits, des graines, des racines ou des tubercules, etc., provient du cytoplasme des cellules laticifères, le latex, suite à l'application de la saignée sur le tronc de la plante (Dick *et al.*, 2014; Obouayeba *et al.*, 2016). Le matériel végétal sélectionné actuellement utilisé présente certes un niveau de production satisfaisant ou élevé, mais cette production se trouve être limitée (Traoré, 2014). Aujourd'hui, avec le contexte de changement climatique, la contrainte foncière et la baisse régulière du prix d'achat du kilogramme de caoutchouc (Lona, 2014; Alhassane *et al.*, 2015), il importe de recourir aux bonnes pratiques culturales qui favorisent une meilleure expression du potentiel agronomique des différents clones d'hévéa plantés

(Pathiratna *et al.*, 2006; Obouayeba *et al.*, 2015). Pour maintenir durablement et même améliorer la productivité de l'hévéa, de nombreux travaux ont été conduits dans le domaine de la phytotechnie (Obouayeba *et al.*, 2016). Ainsi, diverses méthodes concourent à cette pérennisation, notamment l'utilisation de techniques culturales. Des travaux suscitant beaucoup d'intérêts ont été menés dans ce sens (Pathiratna *et al.*, 2006; Ndoutoumou *et al.*, 2017).

Dans le domaine de l'hévéaculture, les conditions de mise en place d'une plantation constituent des facteurs déterminants de sa réussite (Le Roux, 1994; Seneviratne & Priyani, 2005). Les différentes techniques consistent à appliquer des procédés culturels, afin de les adapter aux capacités biologiques de l'hévéa. Ces techniques ont permis d'augmenter l'épaisseur de l'écorce, le rendement de caoutchouc, la croissance végétative des arbres et de rentabiliser au maximum les investissements de mise en valeur du sol (Obouayeba *et al.*, 2005; Rodrigo, 2007). Ces procédés culturels se sont considérablement développés après la découverte de leurs effets positifs ci-dessus cités (Seneviratne *et al.*, 2004). Toutefois, Radtke *et al.* (2003) et Pathiratna & Perera (2006) ont montré qu'en plantation de fortes densités, les couronnes des arbres deviennent petites à cause de l'élagage des branches affectant l'interception de la lumière. La compétition souterraine peut être également élevée, réduisant ainsi significativement la circonférence et la production de caoutchouc en gramme par arbre et par saignée (Obouayeba, 2005); (Obouayeba *et al.*, 2005). Aussi, Pathiratna *et al.* (2006) ont prouvé que des clones se sont mieux comportés dans des conditions de faible densité en ce qui concerne la croissance végétative et la rentabilité en caoutchouc au cours des 10 premières années d'établissement. L'amélioration de la productivité des plantations d'hévéa peut être atteinte grâce aux meilleurs suivis des itinéraires techniques, c'est-à-dire par la pratique d'une suite ordonnée et logique des techniques culturales appliquées à l'hévéa (Rodrigo *et al.* 2001).

Par ailleurs, les travaux de Tran (1994) et Martins *et al.* (2000) ont montré que la vigueur végétative potentielle du porte-greffe a une bonne influence sur la croissance végétative et la production de caoutchouc (Obouayeba *et al.*, 2002; Obouayeba, 2005). Il est alors conseillé, de sélectionner en pépinière les porte-greffes les plus vigoureux pour assurer un bon développement végétatif ultérieur du greffon. La prise en compte de toutes ces informations ci-dessus citées liées aux différentes techniques culturales d'une plantation héveicole est indispensable pour atteindre un niveau de production convenable des arbres sans leur causer de dommages (Ndoutoumou *et al.*, 2016).

Aujourd'hui, l'hévéaculture en Côte d'Ivoire connaît un développement rapide compte tenu des retombées économiques qu'elle génère (Obouayeba *et al.*, 2015). Le problème

majeur rencontré dans ce secteur est le non suivi des itinéraires techniques, lié en partie à la méconnaissance de ces techniques par certains planteurs du milieu hévéicole non industriel (Toguila *et al.*, 2016). Pour minimiser les charges d'exploitation, certains hévéaculteurs sont enclins à négliger les itinéraires techniques de culture. Ce non respect scrupuleux des pratiques culturales a pour résultante une chute régulière des rendements qui entraîne à son tour un manque évident d'intérêt pour la pratique de l'hévéaculture. Pour répondre à cette préoccupation, il est apparu nécessaire de mieux orienter les hévéaculteurs d'un point de vue agronomique et économique, vers des choix de techniques culturales qui permettent une gestion efficiente des potentialités des plantations.

L'objectif général du présent travail est de vulgariser un ensemble de techniques culturales qui permettent une bonne productivités de plantations d'hévéas.

Plus spécifiquement, il s'agira de déterminer:

- l'effet de différents précédents culturaux et des modes de préparation de terrain sur les paramètres agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*;
- l'effet de la disposition et de densité de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*;
- l'effet des porte-greffes issus de clones sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires des clones PB 217, GT 1, PB 235 et PB 260 de *Hevea brasiliensis*.
- l'effet de la date de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*.

Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes ont été formulées:

- les différentes techniques culturales ont un effet sur la croissance et la productivité en caoutchouc des clones de *Hevea brasiliensis*;
- les différentes techniques culturales ont un effet sur la pression parasitaire dans les plantation d'hévéa.

Outre l'introduction, le présent mémoire est subdivisé en trois parties. La première partie est consacrée aux généralités sur l'hévéa, sa culture, son importance économique ainsi que les techniques culturales. Dans la deuxième partie, sont présentés le matériel et les méthodes utilisés dans le cadre de nos expérimentations. Les résultats sont ensuite exposés, suivis de la discussion dans la troisième partie. Cette dernière partie est suivie de la conclusion générale, des recommandations dégagées à partir de ce travail et quelques

perspectives de recherche. Enfin, la liste détaillée des auteurs cités a été consignée dans les références bibliographiques.

**PREMIÈRE PARTIE:
REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE**

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS SUR L'HÉVÉA

I.1. Origine et distribution géographique

En 1876, l'explorateur britannique Henry Wickham, installé au Brésil, a ramené de façon illégale de la forêt amazonienne, en Angleterre, environ 70 000 graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) (Compagnon, 1986). Ces graines ont été mises à germer en serre et seulement vingt-deux jeunes plants ont été transférés en Malaisie, en 1877, où les conditions pédoclimatiques étaient favorables à son développement. Ces vingt-deux plants ont été à l'origine de la quasi-totalité des plantations d'hévéas dans le monde (Compagnon, 1986). La culture de l'hévéa a donc commencé en 1877 en Malaisie, puis s'est propagée en Indonésie, en Thaïlande, en Inde, au Sri Lanka, au Viêt-Nam, etc. Après l'Extrême-Orient, l'hévéa a été importé en 1948 en Afrique, notamment au Liberia.

En Côte d'Ivoire, les premières plantations d'hévéas ont été créées en 1951. La culture de l'hévéa est localisée dans la zone forestière de l'ouest montagneux et dans la basse Côte d'Ivoire. Cette zone qui représente l'aire traditionnelle de culture de l'hévéa en Côte d'Ivoire, est limitée dans sa partie supérieure par l'isohyète 1 500 mm et présente des caractéristiques pédoclimatiques favorables au développement de l'hévéa comme l'a mentionné Keli *et al.* (1992); Goula *et al.* (2004); Obouayeba, (2005). Certaines zones défavorables dites « marginales » peuvent s'ouvrir à l'hévéaculture en Côte d'Ivoire grâce à un choix judicieux du matériel végétal et des itinéraires techniques appropriés (Gnagne *et al.*, 1998; Gnagne *et al.*, 2016).

I.2. Taxonomie et systématique

Le genre *Hevea* est originaire de l'Amérique latine. Il comporte dix espèces dont *Hevea benthamina*, *Hevea brasiliensis*, *Hevea camporum*, *Hevea guianensis*, *Hevea microphylla*, *Hevea nitida*, *Hevea pauciflora*, *Hevea rigidifolia*, *Hevea camargoana* et *Hevea spruceana* (Schultes, 1990). Parmi les espèces à caoutchouc naturel, *Hevea brasiliensis*, de la forêt amazonienne, s'est révélée la meilleure espèce productrice. Actuellement, 99 % du caoutchouc naturel mondial proviennent des plantations créées à partir des plants de *Hevea brasiliensis* (Sekhar, 1989; Démange, 1995). Le genre *Hevea* appartient, selon la classification phylogénétique, à l'ordre des malpighiales et à la famille des Euphorbiaceae. Sa systématique est la suivante:

Règne:	Plantae
Sous-règne:	Tracheobionta
Division:	Magnoliophyta
Classe:	Magnoliopsida
Sous-classe:	Rosidae
Ordre:	Euphorbiales
Famille:	Euphorbiaceae
Genre:	<i>Hevea</i>
Espèce:	<i>Hevea brasiliensis</i>

I.3. Description générale de la plante

Compagnon, (1986), décrit l'hévéa comme un grand arbre de forêt avec une circonférence à hauteur d'homme pouvant atteindre 5 m sur les sols bien drainés, dans son milieu naturel en Amazonie. Dans la majorité des cas, les hévéas de plantations sont des arbres greffés, qui n'atteignent pas un développement aussi important que ceux de la forêt amazonienne. Ils ont un tronc droit et cylindrique, une hauteur de près de 25 m et une circonférence de l'ordre de 1 m vers la fin de leur vie économique qui dure environ 35 ans (Figure 1) (Atsin, 2017).

La croissance du système aérien de l'hévéa est caractérisée par sa nature rythmique (Halle & Martin, 1968). Les feuilles se forment par étage à la partie supérieure de chaque unité de croissance (Figure 2).



Figure 1: Plantation d'hévéa en phase de production à Anguédédou (Côte d'Ivoire)

(Source: Atsin, 2017)

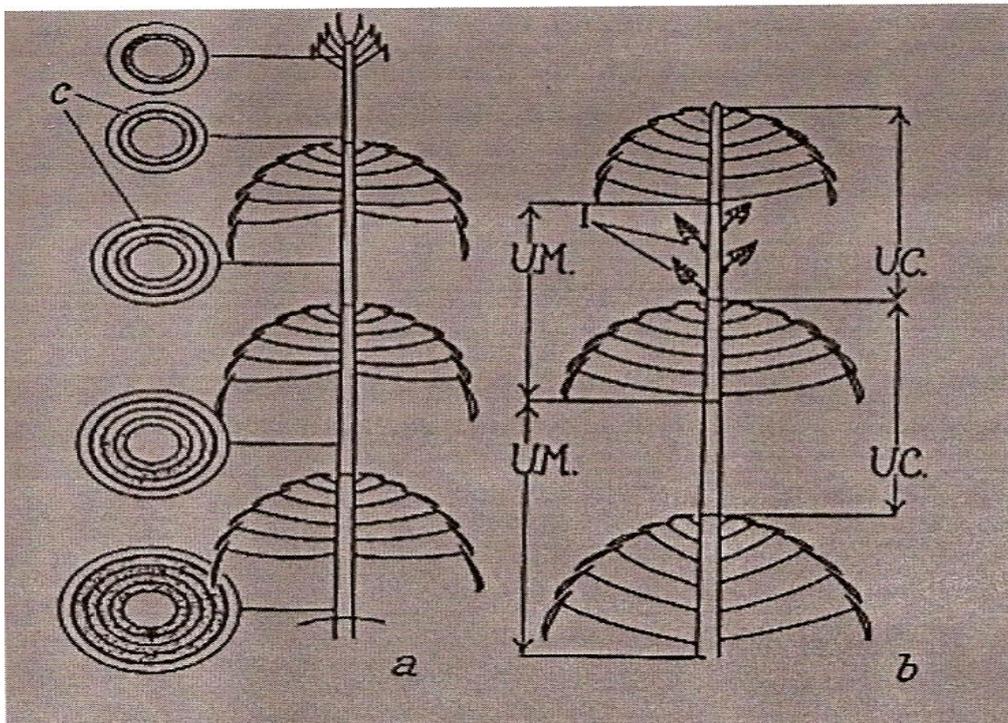


Figure 2: Schéma de la croissance rythmique de l'hévéa (Source: Halle & Martin, 1968)

- (a) Rapports entre l'organogenèse et l'allongement chez *Hevea brasiliensis*
- (b) Correspondance entre l'unité de morphogenèse (UM) et l'unité de croissance (UC)

Les feuilles de l'hévéa sont composées de trois folioles ovales de même dimension et insérées au même point à l'extrémité d'un long pétiole (Figure 3). Les fleurs sont petites, jaune-claire et rassemblées en grappes (Figure 4). Les fruits sont généralement constitués d'une capsule à trois loges (Figure 5) contenant chacune une graine oléagineuse (Elabo, 2009). L'enracinement de l'hévéa est à la fois pivotant et traçant. L'écorce a une couleur vert grisâtre; son bois est homogène, tendre et casse facilement (Compagnon, 1986).

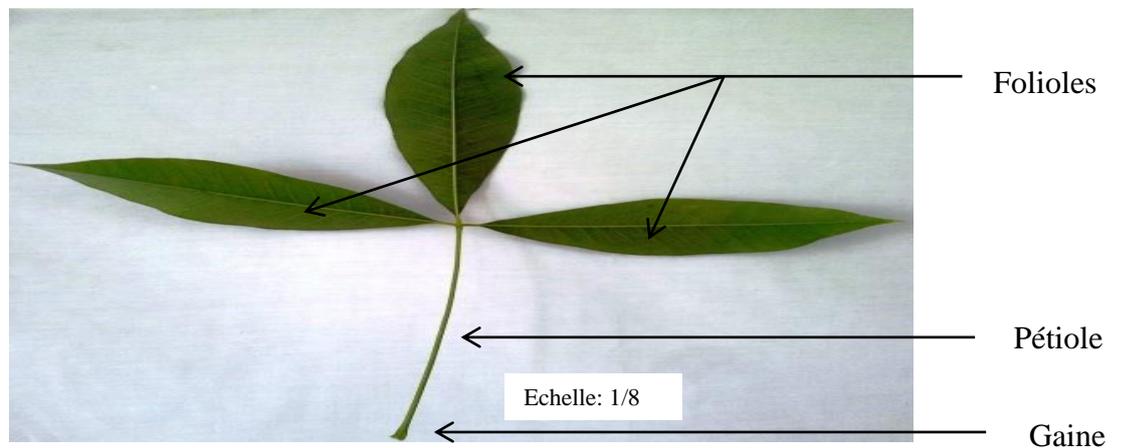


Figure 3: Feuille d'hévéa (Source: Elabo, 2009)

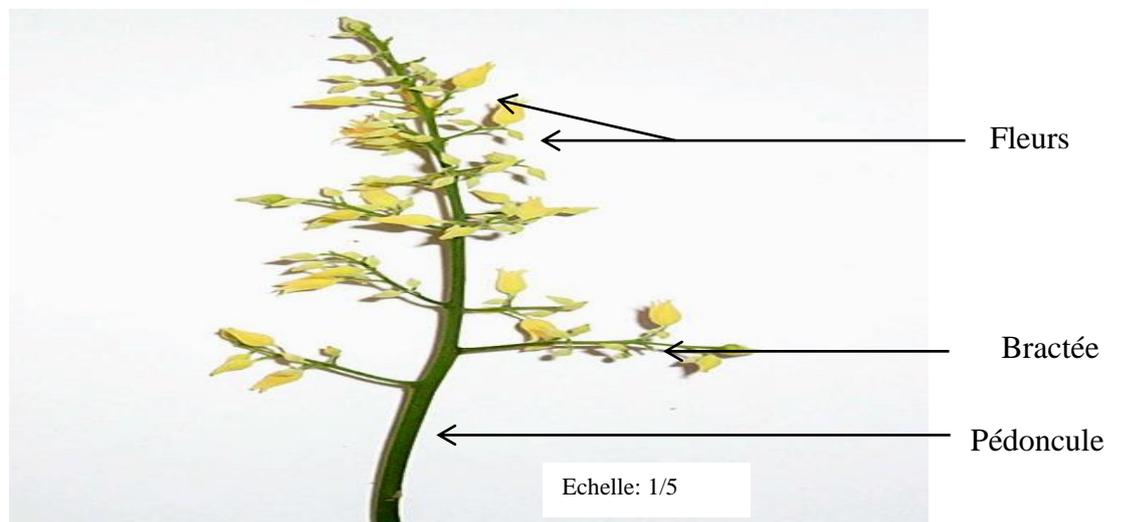


Figure 4: Inflorescence d'hévéa (Source: Elabo, 2009)

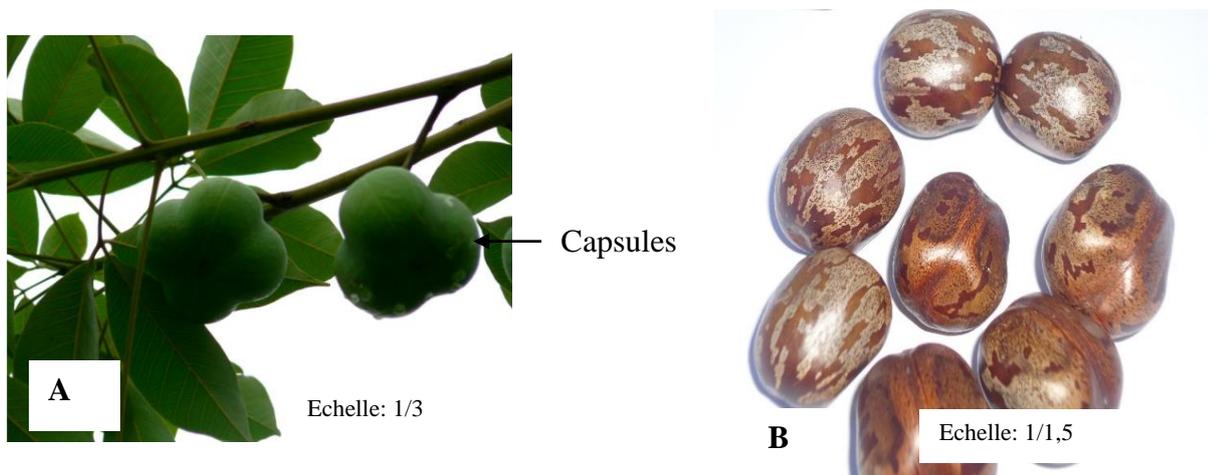


Figure 5: Fruits d'hévéa (Source: Elabo, 2009)

A: Capsules

B: Graines

I.4. Intérêt socio-économique et impact environnemental

I.4.1. Intérêt socio-économique

Le caoutchouc génère des recettes à l'exportation estimées à plus de 400 milliards de Francs CFA par an (Diarrassouba, 2013, APROMAC, 2019). La production mondiale de caoutchouc est passée de 8 millions de tonnes en 2002 à 13,7 millions de tonnes en 2018 (APROMAC, 2019). La production ivoirienne a atteint 620 000 tonnes de caoutchouc naturel dépassant ainsi les prévisions qui étaient de l'ordre de 600 000 tonnes à l'horizon 2020 confortant ainsi sa place de 1^{er} pays producteur africain de caoutchouc naturel et de 6^{ème} au niveau mondial (Koulibaly *et al.*, 2016).

Le caoutchouc naturel, issu du latex de l'hévéa, occupe une place prépondérante dans le monde, eu égard aux diverses possibilités d'utilisation qu'il offre (Jacob *et al.*, 1989; Gohet, 1996). Selon De padirac (1986), 30 % des applications du caoutchouc nécessitent du caoutchouc naturel à cause de sa très grande élasticité, de son imperméabilité, de son faible dégagement de chaleur interne et de sa résistance aux huiles. Ces qualités correspondent, par exemple, aux exigences de la fabrication des pneus pour véhicules lourds ou très rapides, des pneus d'avions, celles des joints et de supports antisismiques, de cathéters, des gants à usage biomédical, de préservatifs, etc. (Masson, 2001). En dehors du caoutchouc produit, l'hévéa peut, en fin de cycle de récolte de latex, fournir du bois d'œuvre et de chauffe pour les ménages (Ahoba, 1992; Agnimel, 2009; Ahoba, 2011). En outre, le tourteau des graines

d'hévéas peut servir à l'alimentation des animaux (Ocho, 1999; Okoma *et al.*, 2018). L'huile de l'amande peut être source de nombreuses utilisations notamment, en cosmétique (Okoma *et al.*, 2018), dans la fabrication de vernis, de peinture (Kannika *et al.*, 1981) et de savon (Nadarajah *et al.*, 1973; Okoma *et al.*, 2018).

I.4.2. Impact environnemental

Le développement des cultures pérennes, tel l'hévéa en Côte d'Ivoire, s'est fait essentiellement au détriment de la forêt tropicale. D'une superficie d'environ 15 millions d'hectares de forêt dense humide en 1960, notre pays compte moins de 2,5 millions d'hectares de nos jours, avec un rythme actuel de défrichage annuel, estimé à 300 000 hectares (Ruf, 1995; Gnahoua, 1998). Ce défrichage massif de la forêt est reconnu comme l'une des causes essentielles de la sécheresse de plus en plus prononcée, de la savanisation de plus en plus marquée de régions initialement forestières (Ruf, 1995; Gnahoua, 1998).

Cependant, les études de Simien (2005) et Rodrigo *et al.* (2011) ont montré le rôle bénéfique de l'hévéa sur l'environnement. La culture de l'hévéa améliore, en effet, selon ces auteurs, les propriétés physique, hydrodynamique, chimique et biologique des sols dégradés, à cause du chevelu racinaire très abondant, de sa grande capacité de séquestration du CO₂ et de l'environnement de forêt secondaire qu'elle crée. Elle reconstitue, également, un couvert forestier dès cinq ans (Obouayeba *et al.*, 2015).

Par ailleurs, grâce à la production importante de biomasse végétale après la période de défoliation, l'hévéa génère un écosystème de forêt secondaire susceptible de freiner la dégradation du milieu, même sur un sol pauvre de savane à *Imperata cylindrica* (Obouayeba *et al.*, 2015). En effet, la biomasse d'une plantation d'hévéa adulte est estimée entre 85 et 100 tonnes par hectare contre 300 et 400 tonnes par hectare pour une forêt tropicale dense (Huttel & Reversat, 1967). La production de litière d'un couvert hévéicole se situe entre 4,5 et 14 tonnes par hectare avec un taux de décomposition de 66 % (Tié, 1985).

I.5. Maladies

Chez l'hévéa, il existe de nombreuses pathologies qui influencent la production du latex. Certaines de ces maladies sont dues à des agents pathogènes et d'autres à des problèmes physiologiques. Les pathologies les plus rencontrées sont les maladies des feuilles et les maladies des racines.

I.5.1. Maladies des feuilles

Le verger hévéicole ivoirien a connu dans les cinq dernières années, une épidémie de la maladie de feuilles causée par *Corynespora asiicola*. Les investigations menées face à cette maladie ont porté sur des enquêtes diagnostiques du verger hévéicole, des tests de résistance clonale *in vitro* et *in vivo* dans un environnement endémique de la maladie. Le screening de 11 molécules fongicides *in vitro* et au champ a révélé quatre fongicides efficaces (iprodione, pyraclostrobine + fenpropimorphe, carbendazime puis carbendazime + chlorothalonile) (Wahounou *et al.*, 2013). L'*Oïdium* est peu connu en Côte d'Ivoire, mais il est très virulent en extrême orient (Jayasinghe *et al.*, 2005; Barthe *et al.*, 2007). Les plus graves attaques d'*Oïdium* nécessitant des traitements annuels systématiques, se produisent surtout au Sri-Lanka, en Malaisie et en Indonésie.

I.5.2. Maladies des racines

Les maladies des racines sont également causées par des agents pathogènes. La plus importante de ces maladies est la « pourriture blanche des racines » ou le « pourridié des racines ». L'agent causal du pourridié des racines est un champignon du sol appelé *Leptoporus lignosus* ou *Rigidoporus lignosus* ou *Fomes lignosus* couramment appelé *Fomes* (Wahounou *et al.*, 2017). Le pourridié des racines peut décimer 10 à 30 % voire 50 % du peuplement d'hévéa d'une plantation (Obouayeba, 2005). C'est la principale maladie d'hévéa en Côte d'Ivoire. Ces maladies de racines ou «pourridiés» peuvent être considérées comme les maladies les plus graves de l'hévéa. Ce sont les seules qui entraînent directement la mort des arbres infectés quels que soient leur âge ou leur vigueur. En outre, ces contaminations et infections ayant lieu en dessous de la surface du sol, les symptômes de dépérissement ne sont visibles qu'après une infection déjà avancée. L'arbre est alors pratiquement condamné (Wahounou. *et al.*, 2005).

I.5.3. Encoche sèche

L'encoche sèche est un syndrome physiologique qui est observé au niveau de l'encoche de saignée. Elle est caractérisée par l'arrêt partiel ou total de l'écoulement de latex après la saignée (Okoma *et al.*, 2011; Obouayeba *et al.*, 2011; Obouayeba *et al.*, 2016). Elle n'est pas dû à un agent pathogène, mais est causée par un dysfonctionnement physiologique des arbres, suite à des exploitations intensives (sursaignée et/ou surstimulation) (Okoma, 2008; Okoma *et al.*, 2009; Dian *et al.*, 2016). Les pratiques agricoles telles que la mauvaise

gestion de la technologie de récolte du latex, l'utilisation de clone sensible et la durée de la production de caoutchouc des arbres contribuent à plus de 60 % à l'apparition et au développement de l'encoche sèche chez l'hévéa, dans les plantations non industrielles (Okoma *et al.*, 2011; Okoma *et al.*, 2016). L'encoche sèche affecte 9 % des arbres en plantation industrielle et 12 % des arbres en plantation non industrielle, en Côte d'Ivoire (Dian, 1997).

I.5.4. Plantes parasites

Des plantes de la famille des Loranthaceae sont susceptibles de parasiter les hévéas comme le gui dans les régions tempérées sur les chênes, les pommiers, etc. Deux espèces sont très communes en Malaisie: *Loranthus globosus* à feuilles opposées et *Loranthus pentandrus* à feuilles alternes. Ces Loranthaceae sont également rencontrées dans les régions hévéicoles d'Afrique où a été identifié *Phragmanthera incana* (Koffi., 2004). Par leur caractère parasite, ces plantes se distinguent des épiphytes tels que les fougères et les orchidées que l'on observe très fréquemment sur les hévéas adultes. Les Loranthaceae se développent sur les branches, en introduisant à l'intérieur du bois de l'hôte des suçoirs qui absorbent sa sève (Soro *et al.*, 2010). Lorsque le parasite est implanté en de nombreux points, créant ainsi plusieurs buissons dans la couronne d'un même arbre, la production de l'hévéa est fortement diminuée et parfois arrêtée. Les hévéas pourvus d'une couronne bien feuillue sont moins sujets à l'envahissement par le parasite dont le développement est favorisé par la lumière (Wahounou.*et al.*, 2010).

CHAPITRE II: FONCTION LATICIGÈNE ET PRODUCTION DE CAOUTCHOUC

II.1. Biosynthèse du caoutchouc

De nombreux travaux ont porté sur la voie du métabolisme isoprénique (d'Auzac & Ribailier, 1989; Adiwilaga & Kush, 1996). Les réactions successives qui partent du saccharose pour arriver à l'élaboration de l'isopentenyl pyrophosphate, monomère des chaînes polyisopréniques, sont maintenant connues. Dans le latex, elles se divisent en deux étapes complémentaires:

- la première est la glycolyse, elle transforme une molécule de saccharose en deux molécules de pyruvate qui génèrent les molécules d'acétate initiatrices de l'anabolisme isoprénique lui-même. La glycolyse produit aussi de l'énergie biochimique sous forme d'adénosine triphosphate (ATP) ou de certains substrats qui, en donnant des acides organiques, sont à l'origine des mécanismes générateurs d'énergie; elle produit du «pouvoir réducteur» nécessaire à toutes voies de synthèse en régénérant le NADP en NADPH. Il apparaît que le facteur limitant majeur de la glycolyse dans le système laticifère est le fonctionnement d'une enzyme: l'invertase, première réaction de cette voie catabolique. Cette enzyme est étroitement contrôlée par le pH du milieu et la teneur en saccharose du latex (Jacob *et al.*, 1994). De l'activité invertasique dépend l'intensité du catabolisme glucidique assurant l'approvisionnement en molécules précurseurs de l'anabolisme isoprénique, mais aussi l'énergie biochimique et le pouvoir réducteur nécessaires à la régénération du latex.

- la seconde étape correspond à l'anabolisme polyisoprénique qui a été décrit dans son ensemble par Lynen (1969). Il suit la voie mévalonique. La nouvelle voie dite de RÖHMER, s'exprime probablement dans d'autres tissus. Des étapes importantes qui pourraient jouer un rôle régulateur, dans certaines conditions, sont connues. C'est le cas de l'hydroxyméthylglutaryl-CoA réductase (HMG-CoA) (Wititsuwannakul *et al.*, 1988) et peut-être aussi de la farnesyl diphosphate synthase cytosolique qui n'est exprimée *in situ* qu'à partir de l'ouverture ou saignée des arbres (Adiwilaga & Kush, 1996). Celle-ci synthétise le farnesyldiphosphate de forme *trans*, précurseur initial avec le geranylgeranyldiphosphate (GGDP) (Cornish, 1993); ce système est localisé dans la membrane des particules de caoutchouc (Figure 6).

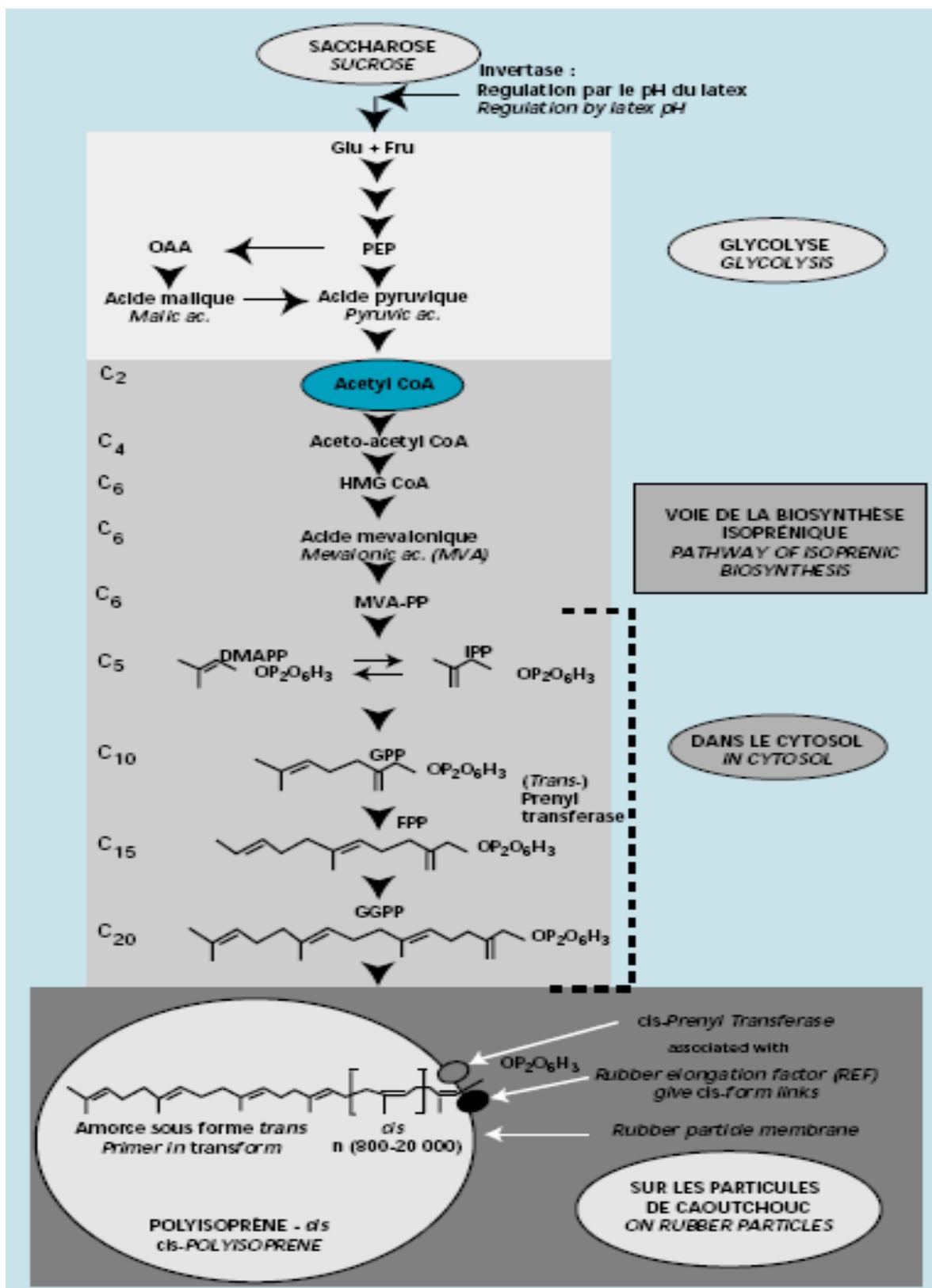


Figure 6: Schéma de la synthèse isoprénique (Source: Jacob *et al.*, 1998)

II.2. Paramètres physiologiques du latex en rapport avec la production de caoutchouc

Certains paramètres biophysiques et biochimiques du latex peuvent refléter l'état de fonctionnement physiologique du système laticigène. Le dosage de ces différents paramètres, appelé «diagnostic latex», permet d'évaluer l'état physiologique du fonctionnement du système de production de caoutchouc et de conclure à une faible récolte, à une récolte équilibrée ou à une récolte intensive du latex (Jacob *et al.*, 1988; Jacob *et al.*, 1995). Le «diagnostic latex» comporte 7 paramètres, mais de façon pratique à travers le micro diagnostic latex, on obtient le même résultat que le «diagnostic latex». Le micro diagnostic latex prend en compte 4 paramètres qui sont: l'extrait sec, le saccharose, le phosphore inorganique et les composés ou groupements thiols.

II.2.1. Extrait sec du latex (Ex.S ou DRC)

Il concerne le caoutchouc (90 % de l'extrait sec) mais aussi les constituants autres que l'eau des cellules laticifères. Il reflète l'activité biosynthétique globale des laticifères. Une faible valeur de l'extrait sec peut traduire une faible régénération isoprénique susceptible d'être ou de devenir un facteur limitant de la production. À l'inverse, une valeur élevée peut traduire un métabolisme de régénération très efficient qui pourrait éventuellement entraver l'écoulement, du fait d'une trop grande viscosité du latex (Yeang *et al.*, 1986). En cas de récolte intensive du latex, on observe une diminution de l'extrait sec, liée à une régénération insuffisante entre deux saignées consécutives.

II.2.2. Saccharose (Sac)

La teneur (Tableau I) renseigne sur la disponibilité des réserves hydrocarbonées intralaticifères directement utilisables pour la biosynthèse du caoutchouc.

Il est le précurseur de la synthèse isoprénique. Par conséquent, il représente potentiellement un facteur limitant essentiel du métabolisme de régénération et donc de la production (Lacrotte, 1991). Une forte teneur en saccharose peut traduire un bon approvisionnement de la cellule laticifère et s'accompagner d'un métabolisme actif (Tupy & Primot, 1976). Son taux peut toutefois augmenter du fait de sa faible utilisation métabolique, ce qui se traduit alors par une faible productivité de latex. Une récolte intensive du latex peut aussi entraîner une diminution du taux de sucre, du fait de l'effort biologique intense demandé aux arbres (Low & Gomez, 1982).

Tableau I: Valeurs de références des quatre paramètres physiologiques les plus importants du latex (Jacob *et al.*, 1987)

	Ex.S (%)	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	≤29	≤4	≤10	≤0.50

Ex.S (%): taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; Sac (mmol.l⁻¹) : teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre ; Pi (mmol.l⁻¹): teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; R-SH (mmol.l⁻¹): teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre.

II.2.3. Phosphore inorganique (Pi)

Il peut être considéré comme un indicateur de l'intensité du métabolisme énergétique dans les laticifères (Jacob *et al.*, 1988). Il est impliqué dans le catabolisme glucidique (Jacob, 1970) et dans l'anabolisme isoprénique (Lynen, 1969). Sa concentration est très fortement corrélée avec la production (Eschbach *et al.*, 1984).

II.2.4. Groupements thiols (R-SH)

Sous leur forme réduite R-SH, ils sont susceptibles de neutraliser les formes toxiques d'oxygène (Chrestin, 1984). Ce sont des antioxydants qui protègent donc la

compartimentation cellulaire du latex, notamment celle des lutoïdes, et par conséquent le fonctionnement des laticifères. Ils peuvent également influencer favorablement sur le métabolisme de la régénération par activation des enzymes clés du catabolisme glucidique. Des corrélations positives entre teneurs en thiols et production ont été mises en évidence, reflétant cette double activité (Eschbach *et al.*, 1984).

II.3. Typologie clonale de fonctionnement métabolique du système laticigène

La typologie clonale de fonctionnement métabolique du système laticigène est l'étude des caractéristiques du métabolisme des laticifères des différents clones de *Hevea brasiliensis*, afin de déterminer les types ou classes d'activité métabolique. Elle est basée sur leur teneur moyenne en phosphore inorganique, en saccharose et en extrait sec. En outre, elle tient compte de leur réponse à la stimulation et leur sensibilité à l'encoche sèche. En d'autres termes, c'est l'étude de l'activité biologique du système laticifère selon la classe métabolique (Jacob *et al.*, 1995; Gohet, 1996; Gohet *et al.*, 1996). Ainsi, trois classes de métabolisme ou d'activité métabolique sont distinguées:

- la classe des clones à métabolisme actif ou rapide;
- la classe des clones à métabolisme moyennement actif ou modéré;
- la classe des clones à métabolisme peu actif ou lent.

II.3.1. Classe des clones à métabolisme actif ou rapide

Cette classe, renferme les clones tels que PB 235, PB 260 et IRCA 18. Ces clones à écoulement très facile présentent, en l'absence de stimulation hormonale, une forte production de caoutchouc indicatrice d'une activité métabolique intrinsèque très élevée. L'indicateur physiologique est une teneur élevée en phosphore inorganique au sein du latex. La teneur en saccharose correspondante est généralement faible, du fait de son utilisation rapide par le métabolisme. L'extrait sec, élevé, confirme une régénération rapide du latex exporté lors de la saignée. La stimulation hormonale permet d'activer de façon très modérée le métabolisme. Ces clones sont les plus sensibles au syndrome de l'encoche sèche. Ils possèdent des laticifères qui resynthétisent très rapidement leur contenu cellulaire après la saignée et dont le fonctionnement est relativement peu accéléré par la stimulation.

Dans la pratique, cette classification permet de simplifier les recommandations de systèmes de récolte du latex, notamment en ce qui concerne l'intensité de stimulation

hormonale qui doit être mise en œuvre pour parvenir à une récolte optimale du latex de l'arbre (Gohet *et al.*, 1996).

II.3.2. Classe de clones à métabolisme moyennement actif ou modéré

Cette classe, comprend les clones GT 1 et RRIM 600. Ces clones se caractérisent par un écoulement facile de latex et présentent, en l'absence de stimulation hormonale, une production moyenne de caoutchouc indicatrice d'une activité métabolique intrinsèque également moyenne. L'indicateur physiologique correspondant est une teneur moyenne en phosphore inorganique dans le latex. Ces clones possèdent peu de sucres par rapport à ceux de la classe de clone à métabolisme lent. L'intensification de la récolte du latex par la stimulation hormonale, permet d'activer significativement le système laticifère dans la limite du sucre intralaticifère disponible. Leur sensibilité à l'encoche sèche est modérée. Ils ont un fonctionnement intermédiaire entre les deux autres classes de la typologie. Leur fonctionnement est dit moyen ou modéré.

II.3.3. Classe des clones à métabolisme peu actif ou lent

Cette classe, inclut par exemple les clones AF 261, PB 217, IRCA 41 et IRCA 331. Ces clones à écoulement peu facile du latex présentent, en l'absence de stimulation hormonale, une faible production de caoutchouc traduisant une faible activité métabolique intrinsèque. L'indicateur physiologique correspond à une faible teneur en phosphore inorganique. La teneur en saccharose du latex est élevée, ceux-ci n'étant que peu métabolisés. L'extrait sec est relativement faible, signe d'une faible régénération isoprénique. L'intensification de la récolte de latex par la stimulation hormonale permet d'activer significativement le métabolisme, notamment par l'accélération de la glycolyse. Il s'en suit une très bonne réponse de ce type de clones à la stimulation hormonale, laquelle permet d'augmenter conséquemment la production. Ils sont peu sensibles au syndrome de l'encoche sèche. Ces clones possèdent des laticifères régénérant lentement leur contenu cellulaire après la saignée, mais sont par contre très réceptifs à la stimulation éthylénique.

II.4. Facteurs limitant de la production de latex

Les principaux facteurs susceptibles d'entraver la production sont l'écoulement du latex et sa régénération entre deux saignées consécutives (Jacob *et al.*, 1995).

II.4.1. Ecoulement du latex

II.4.1.1. Cinétique de l'écoulement et de la coagulation

La cinétique de l'écoulement s'effectue suivant deux phases successives. On distingue:

-une première phase, dite à écoulement rapide, qui se déroule immédiatement après l'incision de l'écorce (Yeang *et al.*, 1986). Elle résulte de la détente élastique qui s'établit suite à la chute de la pression de turgescence; la vitesse d'écoulement du latex diminue de façon exponentielle.

-la seconde phase, dite à écoulement lent, intervient ultérieurement; le débit décroît régulièrement, sous la dépendance du gradient de pression qui s'établit, de la viscosité, du diamètre moyen des vaisseaux laticifères et de l'apparition plus ou moins précoce de microfloculats, composés de particules agglomérées de caoutchouc, qui tendent à obstruer la blessure occasionnée par la saignée.

Les mécanismes qui stoppent l'écoulement sont essentiellement ceux qui conduisent à la coagulation du latex sur l'encoche de saignée. Ceux-ci ont une forte composante clonale et influent sur la dynamique de la saignée en modifiant le *plugging index*. Celui-ci est défini par Milford *et al.*, (1969) comme le rapport, exprimé en pourcentage, entre la vitesse d'écoulement initiale exprimée en ml.mn^{-1} et le volume de latex total récolté. De nombreuses études sur la coagulation (Southorn, 1969) ont mis en évidence deux types de mécanismes. L'un implique la neutralisation des charges électronégatives des membranes des particules de caoutchouc qui maintiennent la stabilité colloïdale du latex *in situ*. C'est le cas de différents cations (Subroto *et al.*, 1996) ou de protéines cationiques qui se trouvent en quantité importante dans les lutoïdes tels que certaines chitinases et/ou glucanases (Subroto *et al.*, 1996). L'autre met en jeu l'hévéine, une agglutinine spécifique de l'hévéa, capable de se fixer aux membranes de ces particules et de les relier les unes aux autres et de former un réseau particulaire (Gidrol *et al.*, 1994). La majorité des éléments impliqués dans les mécanismes de déstabilisation colloïdale du latex sont localisés au sein des lutoïdes. La plupart de ces organites, détruits lors de la saignée par les contraintes mécaniques qu'ils subissent au niveau de l'encoche, libèrent leurs facteurs de coagulation qui ralentissent puis stoppent, plus ou moins vite, l'écoulement (Jacob *et al.*, 1998).

L'éthylène a notamment pour effet de stabiliser les lutoïdes, donc de retarder leur dégradation et d'augmenter la concentration *in situ* des chitinases qui empêchent les fixations de l'hévéine sur les membranes (Gidrol *et al.*, 1994). Ces effets expliquent, pour une grande

part, le retard (Figure 7) de la coagulation et, partant, l'augmentation de la production après traitement à l'Ethrel (Jacob *et al.*, 1998).

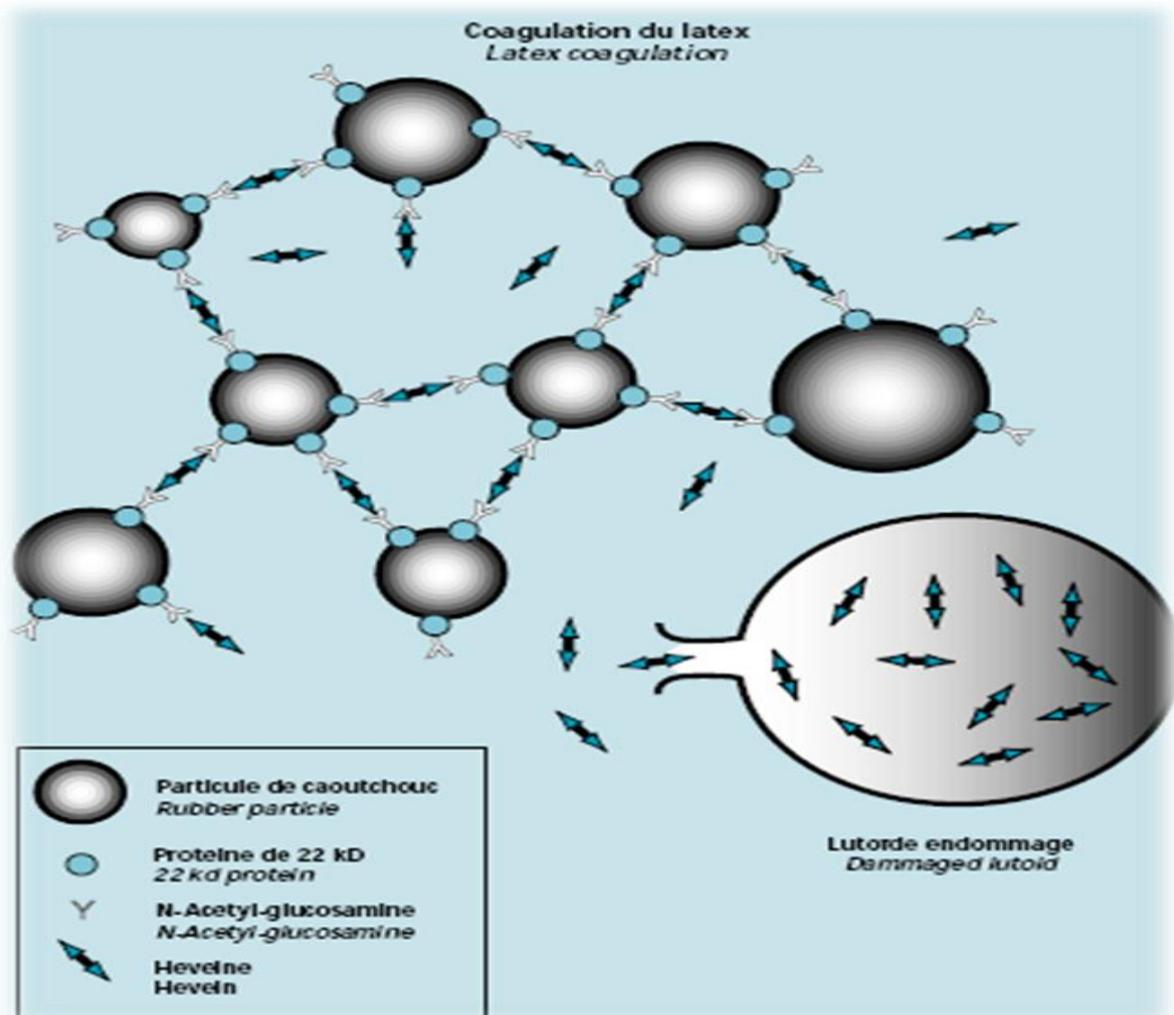


Figure 7: Schéma présentant le rôle de l'hévéine dans la coagulation naturelle du latex de l'hévéa (Source: Gidrol *et al.*, 1994)

- 1: L'hévéine s'échappe des lutoïdes qui ont été endommagés suite à la saignée
- 2: Il s'établit des ponts entre les particules de caoutchouc ce qui aboutit à la coagulation

II.4.1.2. Régénération du latex *in situ*

La régénération du latex après la saignée implique une activation du métabolisme laticifère *in situ* pour reconstituer tous les éléments cytoplasmiques perdus lors de la saignée. En premier lieu, il s'agit quantitativement des particules de caoutchouc (90 % du poids sec), mais aussi des autres constituants cellulaires des laticifères. Il faut rappeler que ni les noyaux,

ni les mitochondries ne sont expulsés durant l'écoulement (Dickenson, 1964), ce qui confère au tissu laticifère sa capacité de fonctionnement. Trois facteurs essentiels contrôlent l'activité métabolique des laticifères: l'alimentation en sucre et sa disponibilité *in situ*, les mécanismes de régulation des chaînes métaboliques majeures et, notamment celles qui rendent compte de la transformation du saccharose en caoutchouc, enfin, la disponibilité en énergie biochimique du système laticigène, indispensable à toutes les fonctions cellulaires (Jacob *et al.*, 1998). Par ailleurs, deux autres aspects doivent être pris en considération: les stress oxydatifs induits par les saignées qui sont susceptibles de provoquer la sénescence cellulaire et la perte de la capacité régénérative du latex, les mécanismes biologiques capables de lutter efficacement *in situ* contre ces réactions de dégradation (Jacob *et al.*, 1995; Jacob *et al.*, 1998).

II.4.2. Croissance végétative de la plante

Selon Compagnon (1986), les facteurs susceptibles d'agir sur la croissance végétative de l'hévéa sont de diverses natures et sont liés aux conditions d'établissement et d'entretien de plantation, de récolte du latex et de la pression pathologique.

Les facteurs liés à l'établissement et à l'entretien de la plantation concernent le niveau de fertilité du sol et la densité de plantation (Obouayeba, 2005). Les facteurs liés à la récolte du latex concernent la saignée et la stimulation hormonale qui ont une influence très marquée sur la croissance des arbres (Soumahin *et al.*, 2014). La vitesse de croissance est d'autant plus faible que la mise en saignée est précoce et que la production est plus élevée (Obouayeba *et al.*, 2002). Des études menées par Obouayeba *et al.* (2002) et Obouayeba (2005) ont par ailleurs montré que deux conditions sont nécessaires pour une mise en saignée permettant une récolte, sans préjudice important, sur le long terme, du latex de l'arbre:

- l'âge de maturité qui est de 6 ans après plantation;
- la circonférence, à 1 m du sol, qui est de 50 cm.

Les facteurs pathologiques concernent certains agents pathogènes qui attaquent les jeunes feuilles et provoquent des défoliations précoces plus ou moins intenses, parfois de façons répétées, sur toute la population d'arbres (Compagnon, 1986).

La mise en saignée des hévéas est toujours accompagnée d'une réduction drastique du rythme annuel de croissance isodiamétrique (Gohet, 1996) qui passe de 9 à 1 cm environ suivant la classe de croissance isodiamétrique du tronc des arbres du clone et le niveau d'intensification de la récolte du latex (Obouayeba & Boa, 1993). La récolte du latex de l'hévéa, et par conséquent la production de caoutchouc qui en découle, influencent

négalement la croissance isodiamétrique (Obouayeba & Boa, 1993). Il apparaît une forte compétition pour les assimilats entre croissance isodiamétrique et production de caoutchouc; les clones les plus vigoureux, orientant prioritairement leur métabolisme vers la synthèse de biomasse primaire, sont ainsi les plus sensibles à une déviation des assimilats vers la synthèse de biomasse secondaire (Gohet, 1996).

II.5. Technique de récolte du latex

La technique de récolte du latex est l'ensemble des pratiques hévéicoles visant à extraire le latex de façon régulière, ordonnée et planifiée. Elle tient compte de plusieurs facteurs dont le système de saignée et la stratégie de stimulation hormonale (Jacob *et al.*, 1995).

II.5.1. Système de saignée

La saignée est l'opération qui consiste à pratiquer une incision dans l'écorce de l'arbre. La section des manteaux laticifères, véritable système paracirculatoire (Jacob *et al.*, 1995) conduit à l'écoulement du latex expulsé par la pression de turgescence s'exerçant *in situ*. Les cellules laticifères sont différenciées de façon centrifuge à partir du cambium et leur organisation en manteaux concentriques se prête particulièrement bien à cette opération. Les premières méthodes de saignée ont consisté à pratiquer une spirale entière ou plusieurs fractions de spirale réparties en différents emplacements du tronc (Obouayeba *et al.*, 2016). Depuis 1975, à la faveur de la découverte du significatif pouvoir stimulant de l'Ethéphon, la saignée, en demi-spirale descendante s'est généralisée à l'ensemble des pays hévéicoles. Elle représente la longueur de l'encoche de saignée pratiquée sur un des deux panneaux de saignée déterminés par les deux génératrices qui subdivisent le tronc en deux parties plus ou moins égales (Obouayeba *et al.*, 2000; Obouayeba, 2005). Dans le cas de la saignée remontante ou inversée, le ravivage de l'écorce se fait du bas à droite vers le haut à gauche. Cette saignée est préférentiellement pratiquée sur des arbres âgés dont le latex a été récolté pendant 9 ans, en demi-spirale descendante. Selon Bobilioff (1923), ce type d'orientation permet de rencontrer un grand nombre de manteaux laticifères (Figures 8 et 9).

La fréquence de saignée a également évolué. Dans un souci d'augmentation de la productivité en caoutchouc des plantations et de la baisse des coûts de récolte du latex, la tendance a été la réduction progressive des fréquences de saignée. Selon Compagnon (1986), de la saignée tous les jours (d1), la fréquence de saignée est passée à une saignée tous les 2

jours (d2), 3 jours (d3), 4 jours (d4), 5 jours (d5) et même 6 jours (d6). En effet, la réduction simultanée de la longueur de l'encoche de saignée et de la fréquence de saignée n'a été possible que par la découverte et l'utilisation de la stimulation éthylénique. Cette pratique s'est considérablement développée après la découverte de l'important pouvoir stimulant de l'acide chloro-2-éthyl phosphonique (ou Ethéphon), régulateur de croissance libérant de l'éthylène *in situ* (Eschbach, 1986).



Encoche de saignée bas (BO)

Figure 8: Hévéa saigné en demi-spirale descendante (Source: Atsin, 2013)



Encoche de saignée haut (HO)

Figure 9: Hévéa saigné en quart de spirale inversée (Source: Atsin, 2013)

II.5.2. Stratégie de stimulation hormonale de la production de caoutchouc

La stimulation est une composante du système de récolte du latex de l'hévéa, en vue d'intensifier son exploitation. Elle se traduit par un apport d'énergie exogène pour lui permettre de produire davantage de caoutchouc, à partir de modifications de processus physico-chimiques de la production (Gohet, 1996). Selon D'auzac & Ribailier (1989), les

agents stimulants peuvent être des substances chimiques (CuSO_4 , BO_3H_3 , etc.) ou hormonales (ANA, 2,4-D; 2,4,5-T; éthylène, etc.). L'Éthéphon ou acide chloro-2-éthylphosphonique, commercialisé sous le nom d'Ethrel, générateur d'éthylène, est de nos jours le principal agent stimulant utilisé à travers le monde par les hévéaculteurs.

Les traitements éthyléniques permettent de doubler, voire tripler la production de latex par la prolongation de la durée d'écoulement, l'augmentation de la zone d'écorce drainée par la saignée et par l'activation globale du métabolisme de régénération (Abraham & Taylor, 1967). La stimulation agit, donc, sur les deux facteurs limitants de la production que sont l'écoulement et la régénération du latex entre deux saignées consécutives.

II.5.2.1. Paramètres de l'intensité de stimulation hormonale

L'intensité de la stimulation hormonale est fonction de certains paramètres tels que la quantité de stimulant, la concentration du mélange et la fréquence de stimulation (Compagnon, 1986; Obouayeba, 1992).

La quantité de mélange appliquée est la masse de produit stimulant pour le traitement des arbres. Elle varie de 17 à 26,5 mg d'Éthéphon, soit de 0,7 à 1 g par arbre et par stimulation, selon le mode de stimulation et la longueur de l'encoche de saignée (Obouayeba, 1992; Obouayeba *et al.*, 1996)

La concentration en matière active (m.a.) de la pâte stimulante est la teneur du produit en Éthéphon. Elle varie selon le système de récolte du latex. Elle est de 2,5 ou 5 % d'Éthéphon, selon que la saignée est descendante ou inversée. La réponse aux stimulations est relativement proportionnelle à la concentration en matière active (Éthéphon).

La fréquence de stimulation est la période qui sépare deux stimulations successives. Elle doit être suffisante pour permettre à l'arbre de rétablir un équilibre physiologique plus ou moins perturbé, selon la quantité de matière active apportée à l'arbre et selon le système de saignée appliqué. Elle doit être modulée selon la classe métabolique du clone, son âge, la longueur de l'encoche de saignée et la fréquence de saignée.

Les principaux produits utilisés pour la stimulation hormonale en Côte d'Ivoire sont l'Ethrel, le ELS 50 Double Red, le Callel, l'Almephon, Hevetex et le Panover (APROMAC, 2019). Ces produits ont la même matière active qui est l'Éthéphon (Obouayeba, 1992; Obouayeba *et al.*, 1996).

II.5.3. Mode de stimulation hormonale

La stimulation hormonale est effectuée par le saigneur 48 heures avant la saignée avec un pinceau (Compagnon, 1986) ou tout autre instrument similaire dont le bambou mâché. La stimulation peut être réalisée par application de la pâte stimulante sur l'écorce grattée de l'encoche de saignée ou sur le panneau de renouvellement, au voisinage de l'encoche de saignée ou sur l'encoche de saignée. Dans la pratique, la stimulation est réalisée préférentiellement par application de la pâte stimulante à la fois sur le panneau de renouvellement et sur l'encoche de saignée, sur une bande de 1 à 2 cm de largeur (Eschbach & Tonnelier, 1984). Cette méthode est plus facile à réaliser et est plus rentable. Toutefois, la pratique de la stimulation nécessite la connaissance du type d'activité métabolique du clone (niveau d'énergie naturelle de la plante) pour moduler l'apport complémentaire de stimulant. Par ailleurs, la stimulation est contre indiquée à certaines périodes de l'année (Compagnon, 1986) à savoir: la période de défoliation-réfoliation, les périodes de pluies fréquentes et abondantes et les périodes de faible intensité lumineuse. La période de défoliation-réfoliation se traduit par une réduction au strict minimum des activités physiologiques, notamment l'activité métabolique. Elle correspond au début de la grande saison sèche où l'on enregistre moins de 50 mm de pluie par mois. Or, il est montré que l'efficacité du produit stimulant nécessite la présence d'eau (Vijayakumar *et al.*, 2009). En effet, des phénomènes d'appel d'eau sont mis en œuvre après l'application de la pâte stimulante, et la plante, au cours de cette période, fournit moins d'effort destiné à son maintien en vie. Dans ce cas, il est recommandé de ne solliciter la plante qu'au strict minimum, en ne pratiquant que la saignée. Les périodes de pluies fréquentes et abondantes sont déconseillées pour la stimulation, afin d'éviter le lessivage du produit stimulant. Les périodes de faible luminosité ne sont pas propices à la stimulation, à cause de la baisse de l'activité photosynthétique due à l'absence des rayons solaires qui parviennent à la plante (Compagnon, 1986).

CHAPITRE III: ITINERAIRES TECHNIQUES DE PLANTATION D'HEVEA

III.1. Préparation de terrain et devenir des hévéas

Après avoir localisé les surfaces destinées à la plantation, quel que soit le précédent des surfaces à planter (forêt, recru forestier, savane, culture pérenne ou annuelle), le terrain devra être dégagé pour permettre la réalisation des opérations agricoles nécessaires à l'établissement de la plantation (Gerard *et al.*, 2005).

III.1.1. Précédent cultural et techniques de préparation de terrain

Le précédent cultural d'une plantation d'hévéa revêt une importance particulière. D'une part, il dicte la technique de préparation de la parcelle (abattage, défrichage, simple désherbage...) influençant l'ampleur de l'investissement nécessaire à sa mise en place (Delabarre & Eschbach 2002). D'autre part, sa nature influe sensiblement sur l'état phytosanitaire des arbres, particulièrement sur les risques de maladie de racine dus à la présence de champignons du sol, notamment *Rigidoporus lignosus*. Ce champignon, agent pathogène responsable du *Fomes*, est la première cause de mortalité des arbres en plantation (Thierry, 2005). Présent dans les sols sous forêt, il est connu pour son comportement parasitique sur un grand nombre d'espèces ligneuses. Il est capable de se maintenir à l'état de saprophyte au sein de débris ligneux durant plusieurs années (Wahounou. *et al.*, 2017). Sa propagation en plantation se fait soit par émission dans le sol de rhizomorphes, soit par contact entre racines saines et racines contaminées ou débris ligneux infestés (Chenafi *et al.*, 2008). La propagation de la maladie à partir d'un foyer infectieux se fait prioritairement sur la ligne de plantation, puis sur l'interligne. Après quelques années de plantation, les attaques de *Fomes* sont décelables par la présence, au sein de la plantation, de clairières caractéristiques laissées par les emplacements vides des arbres morts. Les parcelles hébergeant des espèces ligneuses (forêt, vieilles jachères...), et la présence de bois après abattage augmente sensiblement les risques d'attaques dues au genre *Fomes*. Un brûlage des débris ligneux de surface contribue à la réduction de ces risques (Gerard *et al.*, 2005). De même, la technique d'abattage peut agir directement sur la quantité de débris ligneux laissés dans le sol et donc sur le risque de maladie. A cet égard, l'abattage mécanique permet d'extirper la souche ainsi qu'une partie des racines, réduisant sensiblement et indirectement la quantité d'inoculum. Dans ce cas, l'utilisation d'engins qui permet la réalisation d'un andainage des souches et autres débris ligneux facilitant leur brûlage est conseillée. Cependant, son coût élevé limite l'utilisation de cette technique aux exploitants aisés ou aux projets de développement

bénéficiant d'un engagement fort de l'agro-industrie. Elle suppose aussi un terrain permettant le passage d'engins chenillés (Figure 10). En revanche, l'abattage par tronçonnage laisse en place la totalité des systèmes racinaires et constitue, sur précédent forêt, la technique la moins recommandée. Dans ce cas, l'empoisonnement des arbres peut permettre d'accélérer le pourrissement de la souche en profondeur. Elle présente cependant un certain nombre de risques: manipulation de produits hautement toxiques et risques de chute inopinée d'arbre (Compagnon, 1986). Dans le cas d'un précédent cultural à risque, le respect d'un délai de plusieurs années entre abattage (Wahounou. *et al.*, 2017) et plantation constitue une technique préventive permettant une réduction naturelle de la quantité d'inoculum.



Figure 10: Préparation mécanique du terrain (Source: APROMAC, 2019)

III.1.2. Pratiques de défriche

Lors de la défriche d'une formation végétale quelle qu'elle soit, l'agriculteur effectue plusieurs interventions dans le même moment ou successivement, un abattage plus ou moins complet, à une certaine hauteur de coupe. Le dessouchage ou la destruction des souches par le feu dépend des moyens disponibles et de l'utilité de cette action. Le sarclage des touffes de graminées est plus ou moins complet (Lemire-Pêcheux *et al.*, 1997). L'essartage (rassemblement des résidus desséchés pour brûlage sur des sites particuliers), le brûlis ainsi que le prélèvement de bois pour les besoins ménagers ou d'œuvre, le travail du sol, préparent le terrain pour une culture «de défriche», destinée souvent à une spéculation particulière de tête (sésame, niébé, sorgho, riz, igname suivant les zones). Seuls les systèmes racinaires des ligneux sont épargnés, encore qu'en partie seulement (Floret & pontanier, 2001). Ils se maintiennent plusieurs années à partir des souches qui rejettent après chaque recépage, puis récolte (Faye, 2000). Avec la mécanisation surtout motorisée au matériel très coûteux, le dessouchage est plus fréquent. Certaines souches, à force d'être recépées, finissent par mourir, mais de façon très progressive et variable suivant les espèces. Aussi, les jachères les conservent aussi bien que la culture itinérante (Faye, 2000; Manlay 2000).

III.1.3. Andainage ou mise en tas de rémanents

Lors de l'abandon de nombreux résidus (billons, têtes de houppier, branchages volumineux...) suite à une coupe rase, ou lors du dessouchage ou bien l'arasement d'une végétation ligneuse abondante sans broyage, les déchets ligneux doivent être rassemblés en tas ou en cordons pour permettre la plantation. L'andainage permet le nettoyage des surfaces à planter (Figure 11). Le rassemblement des rémanents peut être effectué mécaniquement au moyen d'un râteau débroussailleur sur tracteur, d'un râteau scarificateur, d'une mâchoire coupante sur pelle hydraulique ou manuellement (Djogbenou & Tehou., 1998). Dans le cas où le broyage des rémanents n'est pas envisageable, il est possible de disposer les rémanents en andains espacés tous les 30 à 50 m et entrecoupés de passages tous les 50 à 100 m pour faciliter la circulation des hommes et des engins d'une bande à l'autre (Lang *et al.*, 2011). Ils seront le plus équidistants possible. Afin de réduire l'espacement entre andains et leurs dimensions (hauteur et largeur), il est vivement conseillé de disposer les rémanents en cordons rapprochés, distants de 10 à 25 m. En général, il est vivement conseillé d'orienter les andains dans le sens du débardage futur. Sur terrain en légère pente, il est préférable de les orienter selon les courbes de niveaux (FIRCA, 2013). L'utilisation de la pelle frontale est à

déconseiller à cause de la dégradation des sols qu'elle entraîne par suite du décapage de l'horizon superficiel (Compagnon., 1986).



Figure 11: Mise en tas de rémanents (Source: FIRCA, 2013)

III.1.4. Piquetage et trouaison des emplacements

La qualité de l'opération de piquetage sur la ligne est d'une grande importance pour toute la durée de vie économique de la plantation, car elle sert à matérialiser les emplacements définitifs des arbres (Compagnon, 1986; FIRCA, 2008) (Figure 12). Pour la plantation en ligne droite, il suffit d'utiliser un gabarit sur lequel sont reportés les intervalles entre arbres

correspondant au dispositif choisi (généralement il s'agit d'un câble que l'on a gradué à la mesure des intervalles entre arbres). Pour les plantations en courbes de niveau, on recherchera une répartition homogène des arbres sur la surface à planter (FIRCA, 2008). Pour cela, il est nécessaire de calculer la distance entre arbres, pour chaque parcelle, en tenant compte de la densité choisie et de l'écartement réel entre lignes. A la place de chaque arbre, on plante un piquet de 1,20 m de hauteur environ (temps de confection des piquets: 400 piquets/homme/jour). Avec l'opération de trouaison, on cherche au moment du planting à mettre les systèmes racinaires dans les meilleures conditions d'enracinement et de croissance. Pour cela, il faut que le milieu avec lequel les racines sont en contact soit à la fois tassé et facilement pénétrable. La trouaison peut être manuelle, mécanique ou effectuée par sous-solage (Le Roux *et al.*, 1992; Le Roux, 1994).

III.1.4.1 Trouaison manuelle

Les dimensions des trous sont généralement de 40 cm x 40 cm de côté pour 60 cm de profondeur. La terre de surface est mise d'un côté et la terre du fond, d'un autre côté, de façon qu'au moment du planting, la terre de surface soit mise au fond du trou et inversement pour la terre du fond (FIRCA, 2013). Les normes de travaux pour l'opération de trouaison varient beaucoup en fonction de la nature des sols. Dans un terrain sableux, un homme peut réaliser 100 trous par jour, alors que dans un terrain argileux avec couche gravillonnaire, on ne peut demander plus de 25 trous par jour (Boa, 1989; Le Roux, 1994).

III.1.4.2 Trouaison mécanique

Cette opération peut être faite, soit avec une tarière montée derrière un tracteur, soit avec une tarière actionnée par un petit moteur et portée par deux hommes. Cependant, la tarière montée derrière un tracteur est la plus couramment utilisée (Le Roux & Pagès, 1993; FIRCA, 2008). Il est nécessaire dans ce cas, que le terrain soit plat. Avec un tracteur équipé d'une tarière de 40 cm de diamètre, un chauffeur et son aide peuvent faire en moyenne 100 trous à l'heure (Figure 13).



Figure 12: Piquetage des lignes (Source: FIRCA, 2013)



Figure 13: Trouaison mécanique (Source: FIRCA, 2013)

III.1.5. Trouaison consécutive au sous-solage

Le sous-solage peut être fait, soit en une seule opération, simultanément avec l'opération d'ouverture des lignes avec la pelle en V, soit séparément (Taylor *et al.*, 1991; Pargès & Jordan., 1991; FIRCA, 2013).

Le sous-solage demande un équipement lourd et robuste (Figure 14 A). Il est effectué avec une dent qui pénètre à 80 cm au moins dans le sol en suivant la ligne de plantation (Figure 14 B). Cette opération permet de couper et d'extirper un grand nombre de racines, principalement si le précédent a été la forêt, et d'éclater le sol en profondeur. Le sous-solage, néanmoins, n'est réalisable que sur un terrain préalablement essouché. L'opération de trouaison est alors simplifiée. Elle peut être réalisée par un complément de travail manuel à l'aide d'un plantoir, selon la nature du sol (Compagnon., 1986; Keli *et al.*, 1991).

La principale précaution à prendre avec cette méthode est d'éviter de laisser des poches d'air dans le sol, à l'emplacement des arbres à planter. Pour cette raison, il est nécessaire de s'assurer de la qualité du tassement de la terre autour des pivots au moment de la mise en place des plants. On signalera que le sous-solage ne convient pas dans des sols très argileux et compacts (Le Roux, 1994).



Figure 14: Sous -solage du terrain avant la mise en place de la plantation (Source: FIRCA, 2013)

A: Sous-solage de terrain; **B:** Corps du sous-soleur de 80 cm minimum

III.2. Dispositif et densité de plantation

Le choix du dispositif de plantation et de la densité d'arbres correspondant, est un des paramètres conditionnant le niveau de production et les résultats économiques. En effet, l'objectif est de répartir les arbres sur la surface à planter de façon qu'ils bénéficient de optimales leur permettant un bon développement végétatif, favorable à l'expression de meilleurs niveaux de productions individuelles des arbres. Mais il faut aussi considérer la productivité à l'unité de surface qui, avec la particularité de l'exploitation de l'hévéa, augmente avec l'accroissement du nombre d'arbres à l'hectare, comme cela a été remarquablement mis en évidence avec des dispositifs expérimentaux présentant une densité régulièrement croissante. Les deux considérations, production à l'hectare et production à l'arbre ou par journée de saigneur, ont d'importantes conséquences sur les aspects économiques, à savoir, les dépenses d'investissements, d'entretien et d'exploitation (Compagnon, 1986).

III.2.1. Dispositif de plantation

On entend par dispositif, l'écartement entre lignes et l'écartement entre arbres sur la ligne. C'est en fait, la distribution des arbres sur la surface plantée. Les différentes possibilités de dispositif sont:

- plantation en rectangle avec toutes les variations possibles des dimensions;
- plantation en carré;
- plantation en quinconce avec son cas particulier, le triangle équilatéral.

Si ces figures sont relativement faciles à appliquer dans des plantations en lignes droites (terrain plat ou en pente faible), elles sont beaucoup moins faciles à appliquer quand le relief conduit à l'utilisation des lignes en courbes de niveaux, simples ou aménagées (Pathiratna & Perera., 2006). Du point de vue du comportement des arbres, le triangle équilatéral et le carré conviendront le mieux puisque ce sont les deux cas pour lesquels la surface exploitable par chaque arbre est la plus uniformément répartie. Cependant, ce sont les systèmes qui obligent à tracer le plus de lignes de plantation, d'où un coût plus élevé de l'entretien, et surtout de la saignée et de la récolte (parcours maximum pour le saigneur).

L'augmentation des salaires étant un fait avec lequel il faut compter, la tendance est au contraire de réduire le travail de la saignée tout en conservant un même niveau de production avec pour objectif, d'une part, de rentabiliser au mieux l'investissement et d'autre part, d'abaisser le plus possible les coûts de production (FIRCA, 2013).

Par ailleurs, si la plantation en triangle est possible sur terrain libre (savane ou précédent de cultures annuelles), elle est rendue difficilement réalisable après forêt, car les débris végétaux, même après brûlage, restent importants. Ainsi, lorsqu'il y a confection d'andains, on admet généralement qu'après forêt, l'écartement entre lignes pouvant contenir des andains ne doit pas être inférieur à 7 m. L'écartement sur la ligne ne doit pas être inférieur à 2,20 m (Figure 15) sinon, outre les problèmes de compétition entre arbres pour la croissance, on favorisera la propagation des maladies de panneaux, notamment les raies noires causées par *Phytophthora* (Compagnon, 1986).

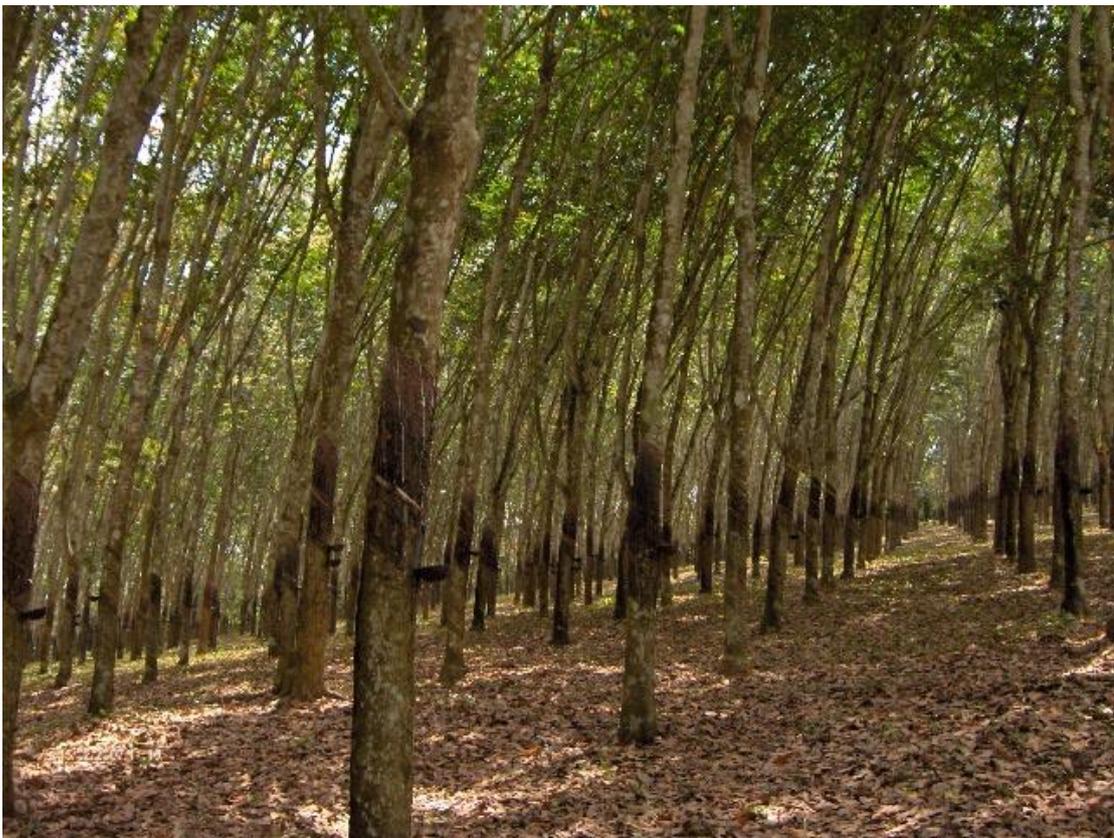


Figure 15: Distribution des arbres en ligne dans une plantation de San-pedro (Côte d'Ivoire, Source: FIRCA, 2013)

III.2.2. Densité de plantation

On entend par densité le nombre d'arbres plantés à l'hectare. Il est évident que la densité est commandée par le dispositif de plantation retenu. Le choix de la densité initiale (donc du dispositif) doit être fait en fonction de la densité d'arbres en période d'exploitation. La densité d'arbres à la mise en saignée est forcément inférieure à la densité à la mise en place par suite de pertes naturelles ou accidentelles: maladies, casse due au vent

etc...(Compagnon, 1986). En outre, il ya l'élimination sélective, qui consiste à supprimer, au cours de la période d'immaturité, les arbres les moins vigoureux. La densité à la mise en place est de 500 à 550 arbres, de sorte à atteindre à la mise en saignée 400 à 450 arbres. Certains auteurs font cependant la distinction entre plantation industrielle et plantation non industrielle, en recommandant de fortes densités pour les petits planteurs, et de plus faibles densités en plantation industrielle (Pathiratna & Perera, 2006). Considérés comme ayant une couronne foliaire moyenne, la densité de 400 à 450 arbres à la mise en saignée offre un bon compromis entre le comportement des arbres, le coût de l'entretien, les productions à l'hectare et au saigneur (Pathiratna *et al.*, 2006). Cependant, avec la mise au point de clones plus performants (croissance plus rapide et homogène, couronne plus développée, production à l'arbre plus élevée) et avec l'évolution des données économiques, notamment, en ce qui concerne le coût de la journée du saigneur, il est intéressant de reconsidérer à la baisse le nombre d'arbres saignables à l'hectare (Soumahin, 2010). Cela n'implique pas forcément qu'on parte d'un nombre moindre d'arbres à la plantation, mais qu'on pratique des éliminations sélectives plus fortes conduisant, toutes choses égales par ailleurs, à une amélioration de la productivité de l'arbre (Compagnon, 1986). Des études doivent être entreprises dans ces nouvelles conditions. Elles devraient permettre de s'orienter vers des densités qui soient un compromis technique et économique (Makinen, 1997; Obouayeba, 2005).

III.2.3. Evolution de la densité avec l'âge de la plantation

Quelle que soit la densité à la plantation, le nombre d'arbres au moment de la mise en saignée doit être de l'ordre de 400 à 450 à l'hectare avec le matériel végétal généralement utilisé et dans les conditions économiques actuelles (Pathiratna & Edirisinghe, 2003). Cependant, ce nombre d'arbres décroît régulièrement avec le temps pour de multiples raisons (pertes par casse due au vent, pertes par maladie...), il est donc nécessaire d'avoir une idée de l'évolution des pertes de façon à conserver un nombre d'arbres suffisant durant toute la durée de vie économique de la plantation, laquelle est de l'ordre de 30 ans d'âge dont environ 25 années de production. Les observations faites en plantation permettent de penser que pendant les quinze premières années de saignée, des pertes annuelles moyennes de 2 % d'arbres sont acceptables (Rodrigo *et al.*, 1995). Le nombre d'arbres en exploitation vers la vingtième année de plantation doit être de l'ordre de 300 à 340 arbres/ha (Compagnon., 1986).

III.3. Les porte-greffes issus de clones

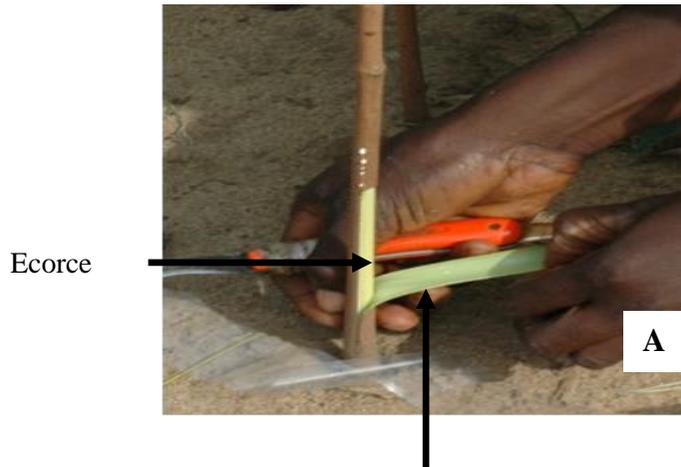
La culture de l'hévéa se fait essentiellement à partir de clone de greffe comportant deux parties, le porte greffe et le greffon (Figures 17), (Goncalves *et al.*, 1994). Le greffon est prélevé sur du matériel végétal sélectionné (Figure 16), connu pour ses qualités agronomiques (haut producteur, bonne croissance, peu sensible à la casse due au vent, à l'encoche sèche ou aux différentes maladies etc.). Selon Sobhana *et al.* (2001), le choix des clones à planter se réfère aux préconisations du moment des instituts de recherche. Celles-ci sont basées sur la disponibilité du matériel sélectionné dans la région, les clones à utiliser à grande ou à petite échelle et enfin, la particularité des clones vis-à-vis des diverses adversités. Le choix du porte greffe est un élément important de la réussite du greffage.

Par comparaison avec des "plants non greffés" tout-venant utilisés comme porte-greffes, il est bien établi que des familles clonales définies ont une influence plus ou moins favorable, en moyenne, sur la croissance de chaque clone (Ramos, 2001). Les informations recueillies sur des porte-greffes ne sont utiles que lorsqu'il s'agit de familles issues de clones de grande diffusion dont les graines restent disponibles en nombre (Martins *et al.*, 2000). Pour ces raisons, les recommandations de porte-greffes sont très limitées et éventuellement restrictives. Comme il peut arriver que les graines issues de clones dont l'emploi est conseillé ne soient pas disponibles, il est alors préférable d'utiliser des graines de seedlings tout venant, ou à défaut, de grands mélanges clonaux, plutôt que d'utiliser les graines d'un seul clone qui risquent d'avoir un effet défavorable (Gonçalves & Martins., 2002). En Amérique du sud, le problème des porte-greffes est certainement très important, mais il reste encore entièrement à débrouiller pour qu'on sache tirer profit des avantages qu'il recèle. En effet, les graines des clones sélectionnés, comme les graines tout-venant, utilisables pour l'obtention de porte-greffes, couvrent une diversité génétique considérable, non seulement pour l'espèce *Hevea brasiliensis*, mais aussi pour plusieurs autres espèces du genre. Il faut, en outre, tenir compte aussi de l'influence possible et même probable du porte-greffe sur la tolérance des clones greffés aux maladies de feuilles (Compagnon., 1986).



Figure 16: Porte-greffes et Greffon prélevé (Source: Elabo, 2016)

A: Porte greffes; B: Greffon prélevé



Décollement d'une languette

Figure 17: Insertion du greffon et ligature de la greffe (Source: Elabo, 2016)

A: Décollement d'une languette d'écorce du porte-greffe; B: Insertion du greffon dans la fenêtre du porte-greffe; C: Ligature du greffon avec la bande de greffage

III.3.1. Conduite des plants en jauge

Pour les plants élevés en pépinière de pleine terre et arrachés, une méthode intermédiaire consiste à faire transiter les plants dans des sacs durant une période plus ou moins longue selon le but recherché: plantation à un étage foliaire formé (environ 2 à 3 mois) ou plantation à plusieurs étages formés; le temps passé en sac étant fonction du développement voulu de la partie aérienne greffée. Cette technique semble de plus en plus utilisée. En effet, elle permet d'une part, grâce à l'avance de croissance du matériel végétal mis en place, de réduire la période improductive depuis la plantation jusqu'à l'exploitation, d'autre part, du fait de la sélection pratiquée sur la partie greffée avant la mise en place définitive (Compagnon, 1986). En éliminant les plants dont l'association porte-greffe/greffon n'est pas satisfaisante, cela permet d'obtenir une grande homogénéité des plants. Cette technique demande certaines précautions, en particulier les feuilles de l'étage terminal doivent être arrivées à complète maturité (Firca, 2013). Toutefois, cette technique a l'inconvénient d'être à l'origine de déformations racinaires dues aux contraintes imposées par le sac. Les déformations sont polymorphes, notamment, la spiralisation des latéraux, étranglements du pivot, apparition du phénomène de coalescence, déformation orthogéotropes des latérales (Compagnon, 1986; Goncalves *et al.*, 1994).

3.3.2. Age de la partie greffée à la date de la transplantation

On a la possibilité de mettre en place soit des plants à bourgeon greffé dormant, soit des plants dont la partie greffée s'est développée. Cette dernière technique semble de plus en plus utilisée. En effet, elle permet d'une part, grâce à l'avance de croissance du matériel végétal mis en place, de réduire la période improductive depuis la plantation jusqu'à la mise en exploitation, et d'autre part, du fait de la sélection pratiquée sur la partie greffée avant la mise en place définitive, d'éliminer les plants dont l'association porte-greffe/greffon n'est pas satisfaisante, et d'obtenir une plus grande homogénéité entre plants (Compagnon., 1986). Ainsi, selon les techniques choisies en fonction de l'objectif fixé, la partie greffée (de la plantation à œil dormant, jusqu'à la plantation «en haut de tige aoûtée »: hauteur 1,80 m environ) pourra-t-elle être plus ou moins âgée. La transplantation de plants avec greffon complètement sorti et en feuilles, demande certaines précautions, en particulier les feuilles de l'étage terminal ou sub-terminal doivent être arrivées à complète maturité (Sobhana *et al.* (2001).

III.4. Conditions d'installation d'une plantation d'hévéa

III.4.1. Conditions climatiques

Les facteurs climatiques essentiels pour l'installation d'une plantation d'hévéa sont: la pluviométrie, l'insolation et la température. L'effet de la pluviométrie peut être modulé par les propriétés physiques du sol, principalement la capacité de rétention en eau. A partir d'un seuil de sécheresse, toute croissance s'arrête et les bourgeons terminaux restent au stade de dormance. Aussi, les hauteurs de pluie de l'ordre de 1800 à 2500 mm par an, sont des valeurs moyennes qui conviennent pour satisfaire les exigences de l'hévéa (Gnanglè *et al.*, 2011; Ndoutoumou *et al.*, 2016). Par ailleurs, l'abaissement de la valeur moyenne de la température (25°C) ralentit sensiblement la croissance. Néanmoins, l'hévéa peut supporter, sans inconvénients majeurs, des chutes de températures prononcées (Compagnon, 1986). L'éclairement a une influence certaine dans le cas de jeunes hévéas végétant à l'ombre. La diminution de l'ensoleillement peut être une cause de la baisse du rendement moyen des plantations (Ndoutoumou *et al.*, 2017).

III.4.2. Planting

Le planting a lieu en début de saison des pluies (période de Mai à Juin). Pour des plants en sac, il faudra couper le fond du sachet, le fendre longitudinalement à la machette et placer le plant dans le trou de plantation (Compagnon., 1986). Pour les stumps, il faut enfoncer le pivot dans la terre au fond du trou, puis mettre le plant verticalement, le scion au niveau du sol et le greffon orienté vers le sud-est. Cependant, après le planting et pour une meilleure retenue des eaux de pluie, l'aménagement d'une cuvette de 1 m de diamètre autour du plant s'avère nécessaire. Au cours des deux années qui suivent le planting, les arbres manquants, doivent être remplacés pendant la petite saison des pluies de l'année de planting et/ou pendant la grande saison des pluies de l'année suivante (Ndoutoumou *et al.*, 2016).

❖ Au total, la revue de littérature réalisée a montré que:

- après avoir localisé les surfaces destinées à la plantation, le terrain doit être dégagé en vue de sa préparation. Pour les zones forestières (forêt ou jachère forestière), on peut procéder d'une part, à un abattage manuel, adapté aux surfaces modestes planes ou zones à forte pente; l'inconvénient de cette méthode venant du fait que les racines des arbres restent en place favorisant la propagation des pourridiés au niveau des futurs systèmes racinaires des hévéas. d'autre part, à l'abattage mécanique avec des engins lourds, répandu dans le cas de projets de grandes envergures (Gérard *et al.*, 2005).

- le choix du dispositif de plantation et de la densité d'arbres correspondant est un des paramètres conditionnant le niveau de production et les résultats économiques. La densité de plantation (planting) régulièrement pratiquée est de 500 à 600 arbres/ha quel que soient le génotype du clone d'hévéa, sa croissance et ses caractéristiques morphologiques et les facteurs environnementaux. Cette densité est supposée donner le maximum d'espace requis pour l'épanouissement des arbres matures et minimiser la compétition intra spécifique entre arbres (Pathiratna & Perera, 2006).

- après avoir préparé le terrain, le choix du matériel végétal à planter s'impose. En effet, ce choix est déterminant pour le succès technique et économique de plantation. La culture de l'hévéa se fait essentiellement à partir de clone de greffe comportant deux parties, le porte greffe et le greffon. Le greffon est prélevé sur du matériel végétal sélectionné, connu pour ces qualités agronomiques. Le choix du porte greffe est un élément important de la réussite de la greffe. Chaque clone réagit différemment selon le porte-greffe. Actuellement, le GT 1 reste le meilleur porte-greffe (Ramos, 2001).

- après l'obtention du matériel végétal, le planting se fait généralement pendant la grande saison des pluies, notamment mai-juin. Mais quand le planting n'a pu se faire à cette période, on peut également attendre la petite saison de pluie qui se situe entre septembre-octobre pour faire le planting. Ces périodes sont plus adaptées quand on sait l'importance de l'eau sur l'émergence des bourgeons et leur croissance (Ndoutoumou *et al.*, 2016).

**DEUXIÈME PARTIE:
MATÉRIEL ET
MÉTHODES**

CHAPITRE IV: CARACTERISTIQUES DU MILIEU D'ETUDE

L'appréciation objective de tout travail de recherche n'est possible qu'à partir de la connaissance de certains facteurs, entre autre, le milieu d'étude dont le présent chapitre indique les grands traits physiques.

IV.1. Situation géographique

Les différentes expérimentations de notre étude ont été conduites dans la localité de San-pédro dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Les coordonnées géographiques sont les suivantes: 4°45'N; 6°38'W (Figure 18). Par ailleurs, le domaine hévéicole ivoirien comprend la zone forestière de l'Ouest montagneux et la basse Côte d'Ivoire. Il occupe à peu près la moitié du domaine national à l'Est et à l'Ouest (Obouayeba, 2005; Diarrassouba, 2013).

IV.2. Climat

Le climat de cette zone est de type équatorial humide, caractérisé par des précipitations abondantes. La température moyenne annuelle s'élève à 26,1 °C. Les précipitations moyennes annuelles atteignent quelque 1 900 mm. Les pluies les plus fortes tombent d'avril à juillet. Une saison relativement sèche se prolonge de décembre à mars (Goula *et al.*, 2004; Brou *et al.*, 2005). La durée annuelle d'insolation est de 1 700 heures sur le littoral Ouest (Figure 19) à San Pedro (Brou *et al.*, 2005).

IV.3. Végétation

La végétation de la zone d'étude est représentée par une forêt ombrophile caractérisée par la présence d'arbres de grandes tailles (*Lophira alata*, *azobé*) atteignant 50 mètres, de structures originales, contreforts, racines palettes, racines échasses (*Uapaca guineensis*), fût très droit des arbres de première et deuxième grandeur, cauliflorie, une abondance de lianes et d'épiphytes, la rareté des herbes en sous-bois. Cette formation fermée entretient un microclimat chaud, humide et sombre (Brou., 2005).



Figure 18: Carte présentant la zone favorable à la culture de l'hévéa en Côte d'Ivoire.

(Source: Diarrassouba, 2013), Echelle: 1/268720 000 000 000

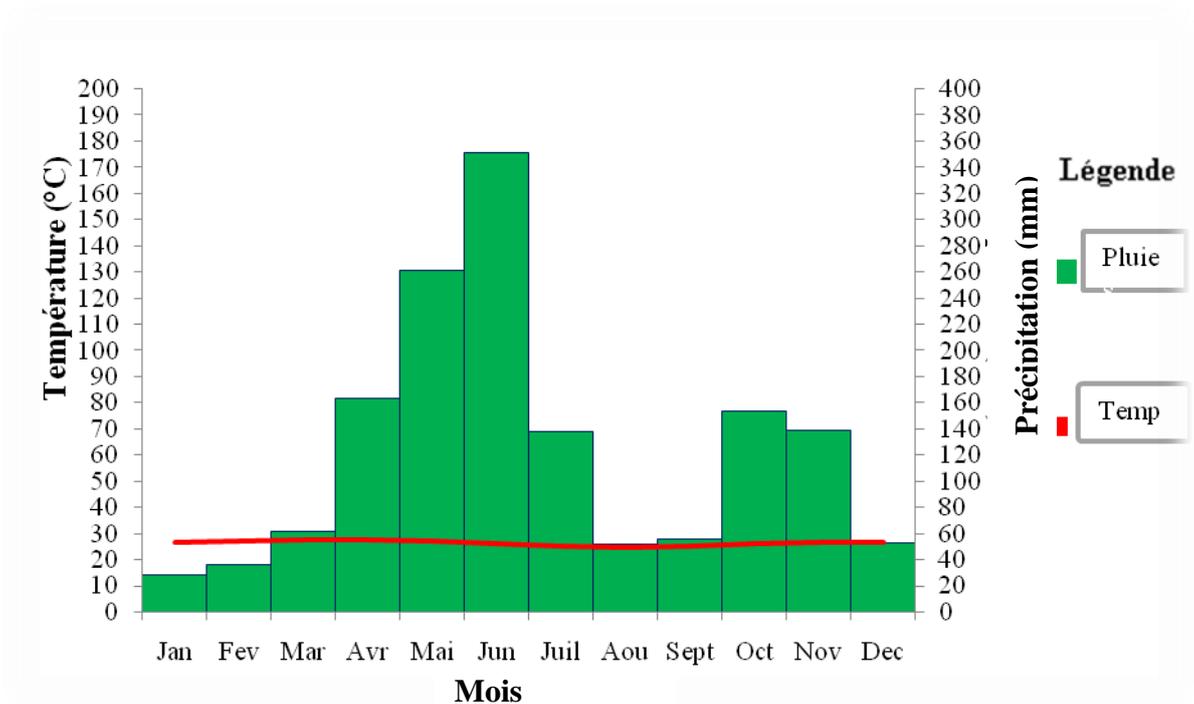


Figure 19: Diagramme ombrothermique de la zone d'étude de 1990 à 2006

(Source: SODEXAM, 2016)

IV.4. Sol

Les sols, majoritairement ferrallitiques, sont dérivés de migmatites et de schistes, argilo sableux, relativement plus riches en bases échangeables. Ils comportent, par ailleurs, des horizons gravillonnaires et de fréquentes cuirasses latéritiques vers 1,00 m de profondeur (Keli *et al.*, 1992).

IV.5. Stations expérimentale et météorologique du site d'étude

Les travaux de cette thèse ont été réalisés à la station de recherche du Gô (Ex HEVEGO), aujourd'hui, Société Civile Agricole du Sud-Ouest (SCASO) au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). Le site d'étude dispose d'une station expérimentale abritant tout le dispositif expérimental et d'une station météorologique de la SODEXAM permettant de mesurer quotidiennement les paramètres climatiques qui sont: la température, l'insolation et la pluviométrie.

CHAPITRE V: MATERIEL

V.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de quatre clones de *Hevea brasiliensis* qui représentent trois classes d'activité métabolique:

-Le clone GT 1 de classe d'activité métabolique modérée a été utilisé pour évaluer l'effet de tous les traitements des différentes expérimentations.

-Les clones PB 235 et PB 260, d'activité métabolique rapide et le clone PB 217 appartenant à la classe d'activité métabolique lente ont été utilisés comme porte-greffes relativement aux paramètres agrophysiologiques et sanitaires. Les principales caractéristiques de ces clones sont consignées dans le tableau II.

Tableau II: Principales caractéristiques agronomiques des clones GT 1, PB 235, PB 260 et PB 217 utilisés au cours de la présente étude (Chapuset *et al.*, 2000; Chapuset, 2001)

Clones	Caractéristiques agronomiques
GT 1	Peuplement d'arbres saignés: bon et stable; Croissance végétative: moyenne avant la mise en saignée; Production à l'arbre: pas très élevée; Rustique.
PB 235	Clone vigoureux et haut producteur; Excellent taux de réussite au greffage en vert; Sensible à l'encoche sèche et à la casse dû au vent.
PB 260	Sensible à l'encoche sèche et au <i>Corynespora</i> ; Résistant au <i>Colletotrichum</i> ; Croissance végétative moyenne avant la mise en saignée.
PB 217	Clone vigoureux et très hétérogène; Peu sensible à l'encoche sèche, résiste au vent; Sensible à la maladie des feuilles qui est provoquée par <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .

V.2. Matériel technique

Le matériel technique utilisé pour la conduite des expérimentations est subdivisé en matériel de terrain et matériel de laboratoire.

V.2.1. Matériel de terrain

Le matériel technique qui a été utilisé pour l'expérimentation au champ est essentiellement constitué de:

- un peson et une balance ordinaire (balance romaine) pour la pesée du caoutchouc frais,
- des pinceaux et du produit stimulant (ELS 50 Double Red) pour la stimulation de la production de caoutchouc.

V.2.2. Matériel de laboratoire

Le matériel utilisé au laboratoire était composé de:

- une étuve (MEMMERT) pour le séchage du latex prélevé,
- un spectrophotomètre (JENWAY) pour la lecture de la densité optique,
- une balance électronique (KERN) pour la pesée du latex prélevé,
- des agitateurs électriques (KERN), une plaque chauffante (HANNA), un pH-mètre (HANNA) pour la préparation des solutions.

CHAPITRE VI: METHODES

VI. Méthologie et dispositif appliqués

Pour mieux évaluer les paramètres agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques des clones PB 260, PB 235, GT 1 et PB 217 de *Hevea brasiliensis*, diverses méthodologies avec un dispositif expérimental correspondant ont été adoptés, selon la technique culturale.

VI.1. Précédents cultureux et modes de préparation de terrain sur les paramètres agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*

Cette étude a pour but de comparer d'un point de vue agronomique, physiologique, sanitaire et économique, différents modes de préparation de terrain en culture d'hévéa (adaptés aux plantations industrielles et non industrielles). Les arrières effets du précédent cultural (forêt ou jachère) ont été également pris en compte.

VI.1.1. Dispositif expérimental et choix des arbres

Un dispositif expérimental en blocs de Fischer de six traitements avec trois répétitions, sur une surface d'environ 22,57 ha a été utilisé. Ainsi, 120 arbres de chaque parcelle ont été sélectionnés sur des critères de circonférence et d'état sanitaire. Les arbres sélectionnés devaient être les plus homogènes possibles, en dehors des arbres de bordure et ceux voisins des arbres attaqués par le pourridié des racines causé par le genre *Fomes lignosus*. Ces arbres ont été mis en saignée lorsque leur circonférence moyenne, à 1 m du sol, était supérieure ou égale à 50 cm. Les différents traitements employés au cours de l'étude sont consignés dans le tableau III.

Tableau III: Précédents cultureux et modes de préparation de terrain appliqués aux clones GT 1

Précédents cultureux	Traitements	Mode de préparation de terrain	Codification
Jachère	- Abattage manuel	- Trouaison manuelle des emplacements	- Jachère ma (Témoin)
	- Brulage des débris végétaux		
Forêt	- Abattage mécanique	- Ouverture des lignes avec pelle en V	- Jachère l.v.
	- Abattage manuel		
	- Brûlage des débris végétaux	- Trouaison manuelle	- Forêt dév
	- Abattage mécanique	- Ouverture des lignes avec une pelle en V	- Forêt l.v.
	- Abattage manuel	- Trouaison manuelle	- Forêt man
		- Andainage central	
	- Abattage mécanique	- Andainage central	- Forêt and

VI.2. Dispositif et densité de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*

Cette expérimentation vise à évaluer l'influence de la densité et du dispositif de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone le plus planté en Côte d'Ivoire: GT1, pour mieux orienter les bénéficiaires vers des choix qui conduisent à une gestion optimale des potentialités des plantations.

VI.2.1. Dispositif expérimental et choix des arbres

Le dispositif expérimental a été en split-plot de 3 dispositions (quinconce, lignes séparées de 6 m et 7 m) combinés à 3 densités (350, 510 et 650 a/ha) avec 4 répétitions, sur une surface d'environ 12,22 ha. Les arbres sélectionnés devaient être les plus homogènes possibles en dehors des arbres de bordure et de ceux voisins des arbres attaqués par le pourridié des racines causé par le genre *Fomes lignosus*. Ces arbres ont été mis en saignée lorsque leurs circonférences moyennes, à 1 m du sol, ont été supérieures ou égales à 50 cm.

Sens de gradient d'hétérogénéité



Quce/350	L-6m/350	L-7m/350
Quce/650	L-6m/650	L-7m/650
Quce/510	L-6m/510	L-7m/510
L- 7m/650	Quce/510	L-6m/350
L-7m/510	Quce/350	L-6m/510
L-7m/350	Quce/650	L-6m/650
L- 6m/510	L-7m/350	Quce/650
L- 6m/650	L-7m/510	Quce/510
L- 6m/350	L-7m/650	Quce/350

Bloc 1
Bloc 2
Bloc 3

Figure 20: Dispositif expérimental

Quce: planting en quinconce séparées de 7 mètres; L-6 m: planting en lignes séparées de 6 mètres; L-7 m: planting en lignes séparées de 7 mètres; 350: 350 arbres par hectare; 510: 510 arbres par hectare; 650: 650 arbres par hectare.

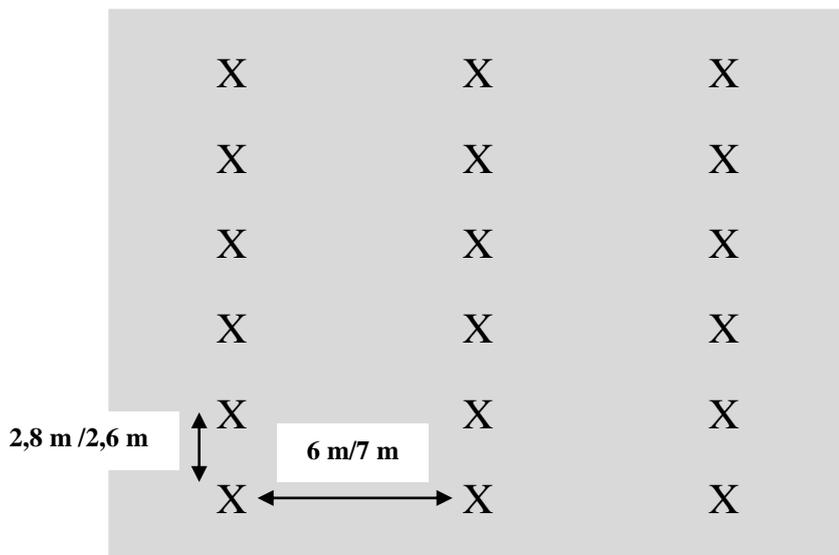


Figure 21: Exemple de disposition en lignes

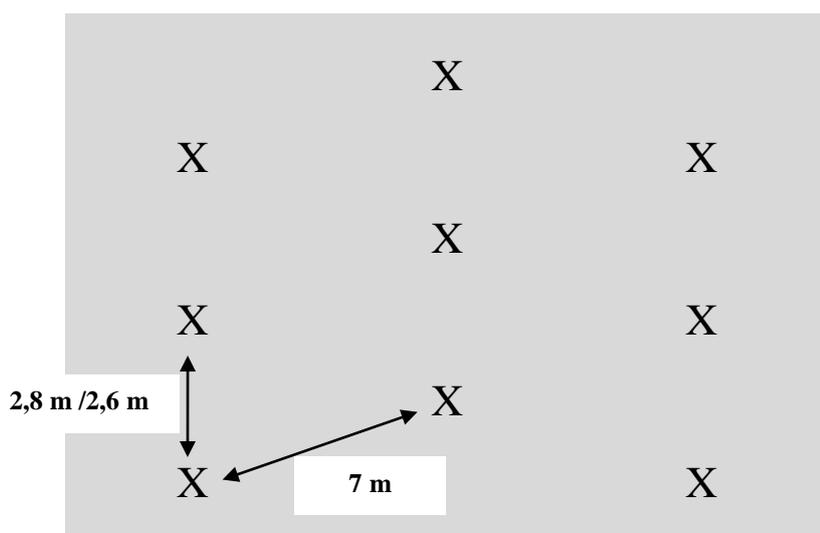


Figure 22: Exemple de dispositif en quinconce

Les différents traitements (dispositifs combinés à la densité) ont été les suivants:

- planting en quinconce /350 arbres par hectare (7 m entre lignes et 4,08 m entre plants);
- planting en quinconce /510 arbres par hectare (7 m entre lignes et 2,80 m entre plants);
- planting en quinconce /650 arbres par hectare (7 m entre lignes et 2,2 m entre plants);

- planting en lignes séparées de 6 m/350 arbres par hectare (6 m entre lignes et 4,76 m entre plants);
- planting en lignes séparées de 6 m/510 arbres par hectare (6 m entre lignes et 3,26 m entre plants);
- planting en lignes séparées de 6 m/650 arbres par hectare (6 m entre lignes et 2,56 m entre plants);
- planting en lignes séparées de 7 m/350 arbres par hectare (7 m entre lignes et 4,08 m entre plants) ;
- planting en lignes séparées de 7 m/510 arbres par hectare (7 m entre lignes et 2,80 m entre plants; **Témoin**);
- planting en lignes séparées de 7 m / 650 arbres par hectare (7 m entre lignes et 2,2 m entre plants).

VI.3. Porte-greffes issus de clones sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires des clones PB 217, GT 1, PB 235 et PB 260 de *Hevea brasiliensis*

Actuellement, le clone GT 1 illegal (*ill*) est considéré comme le meilleur porte-greffe sur le territoire ivoirien. Une telle situation comporte un risque majeur en cas d'épidémie sur le clone GT 1. Il s'avère donc impératif d'évaluer plusieurs combinaisons entre quatre porte-greffes et quatre greffons capables de se substituer au clone GT 1, afin de mettre à la disposition des planteurs d'autres matériels végétaux performants.

VI.3.1. Dispositif expérimental et choix des arbres

L'expérimentation a comporté quatre clones (greffons) associés à quatre porte-greffes disposés en split-plot avec trois répétitions, plantés à la densité de 510 a/ha (7 mètres entre lignes et 2,8 mètres entre plants). Il faut noter que la fréquence de stimulation a été appliquée en fonction du métabolisme des clones. Chaque parcelle élémentaire comportait 100 arbres soit une surface en expérimentation de 4.56 ha en moyenne. L'homogénéité du matériel végétal a été préalablement vérifiée avant le début des expérimentations. Les arbres sélectionnés devaient être les plus homogènes possibles quant à l'absence de maladies. La sélection a porté essentiellement sur la mesure de la circonférence des arbres à 1 m du sol, à la mise en place de l'expérimentation, puis à 1,70 m du sol, au cours de l'expérimentation.

Les différents traitements (porte-greffes combinés aux greffons) comparés ont été les suivants:

- GT 1 *ill*/GT 1(**Témoin**)
- GT 1 *ill*/ PB 235
- GT 1 *ill*/ PB 217
- GT 1 *ill*/ PB 260
- PB 235 *ill*/GT 1
- PB 235 *ill*/PB 235
- PB 235 *ill*/PB 217
- PB 235 *ill*/ PB 260
- PB 260 *ill*/GT 1
- PB 260 *ill*/ PB 235
- PB 260 *ill*/ PB 217
- PB 260 *ill*/PB 260
- Tout venant/GT 1
- Tout venant/PB 235
- Tout venant/PB 260
- Tout venant/PB 217

VI.4. Date de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*

L'étude a pour objet de comparer l'influence de différentes composantes climatiques sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires des plants d'hévéas du clone GT 1. Elle a comporté deux essais qui ont différé l'un de l'autre par la date de mise en place et la date de traitement. L'un des essais a été mis en place, à partir de 1991, et l'autre en 1992, afin de voir si les conditions climatiques générales de l'année pouvaient influencer les comportements des arbres.

VI.4.1. Dispositif expérimental et choix des arbres

L'essai a comporté trois traitements disposés en bloc de Fisher avec quatre répétitions, sur une surface d'environ 4,91 ha, plantée à la densité de 510 a/ha (7 mètres entre lignes et 2,8 mètres entre plants) sur un terrain sous-solé. Pour cela, 120 arbres de chaque parcelle ont été sélectionnés sur des critères de circonférence et d'état sanitaire. Les différents traitements comparés ont été les suivants:

✓ Expérimentation mise en place en 1991

- Moment de planting précoce (Mai)
- Moment de planting normal (**Témoin**; Juin)
- Moment de planting tardif (Septembre)

✓ Expérimentation mise en place en 1992

- Moment de planting précoce (Avril)
- Moment de planting normal (**Témoin**; Juin)
- Moment de planting tardif (Octobre)

VI.5. Technologie de récolte du latex

Les expérimentations ont été conduites en saignée descendante durant neuf années avec les clones PB 260, PB 235, GT 1 et PB 217 sur le site expérimental du GO (Ex HEVEGO), aujourd'hui, Société Civile Agricole du Sud-Ouest (SCASO) au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Les arbres de tous les traitements, ont été mis en saignée à une même période, c'est-à-dire à 6 ans 3 mois après plantation. Un seul système de récolte du latex a été appliqué à tous les traitements des expérimentations; saignée en demi-spirale descendante tous les quatre jours, avec un jour de repos (le dimanche) dans la semaine, avec une application de 1 g de pâte stimulante concentrée 2,5 % d'Ethéphon sur 1 cm de large, sur le panneau de saignée (S/2 d/4 6d/7 ET 2,5 % Pa 1 (1)). La saignée a eu lieu les deux premières années sur l'écorce du panneau bas A (BO-1) et la 3^e année sur l'écorce du panneau bas B (BO-2), avec par la suite une saignée alternée des deux panneaux, à partir de la 4^e année, jusqu'à la neuvième année de saignée (Gohet *et al.*, 1991). Cependant, les fréquences de stimulation ont été appliquées en fonction du métabolisme des clones:

- quatre à huit stimulations annuelles pour le clone PB 235;
- quatre à dix stimulations par an avec le clone PB 260
- six à dix stimulations par an pour le clone GT 1;.
- dix à treize stimulation annuelles pour le clone PB 217

VI.6. Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés ont concerné les paramètres climatiques, agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques.

VI.6.1. Paramètres climatiques

Les paramètres climatiques considérés pour cette étude ont été la température (T), la pluviométrie (P) et l'insolation (INS). Les données ont été estimées par l'intensité de la chaleur (Température), la quantité de pluie tombée (Pluviométrie) et la durée de l'insolation. Ces composantes climatiques ont concerné seulement l'expérimentation relative à l'effet de la date de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*. Ces données ont été collectées sur une période de 16 années, à la SCASO et ont été consignées sur un support numérique à la SODEXAM.

VI.6.2. Paramètres agronomiques

Les paramètres agronomiques qui ont servi à évaluer l'effet de tous les traitements des différentes expérimentations de notre étude ont été: le taux d'arbres vivants, la production de caoutchouc et la croissance isodiamétrique du tronc.

VI.6.2.1. Taux d'arbres vivants

Pour chaque traitement, le pourcentage d'arbres vivants (Arbres Vivts %) a été déterminé par la relation ci-après:

$$\%NAV = [(N - NAM) \times N^{-1}] \times 100$$

(équation 1)

Où

NAV: nombre d'arbres vivants

N: nombre total d'arbres

NAM: nombre arbres secs

VI.6.2.2. Production de caoutchouc

La production de caoutchouc a été enregistrée par arbre, à raison d'un contrôle toutes les 4 semaines, c'est-à-dire toutes les 6 saignées. Elle a été collectée au champ à l'état coagulé. La coagulation se fait naturellement en sac de polyéthylène ou «polybag». La production cumulée de 6 saignées représentant la masse de matière fraîche produite, a été pesée à l'aide d'une balance. Le coefficient de transformation (CT), qui est le pourcentage de matière sèche d'un échantillon donné de caoutchouc frais, a permis de calculer la production de caoutchouc sec pour chaque traitement. Il a été évalué 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 pesé à nouveau pour obtenir la masse de matière sèche crêpée, notée MS). Le CT est défini par la formule suivante:

$$\text{CT} = (\text{PS} \cdot \text{PF}^{-1}) \times 100 \quad (\text{équation 2})$$

Où

CT: coefficient de transformation

PS: poids conversion de PF en PS de caoutchouc a été effectuée pour chaque traitement, à partir

de la relation suivante:
PF: poids frais

$$\text{PS (g)} = \text{PF} \times \text{CT} \quad (\text{équation 3})$$

La production de caoutchouc sec a été exprimée en kilogramme par hectare et par année ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$), en grammes par arbre et par année ($\text{g} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$) et en grammes par arbre et par saignée ($\text{g} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$). L'expression $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ renseigne sur la production d'un hectare. Pour une même unité de surface, le nombre d'arbres peut varier d'une plantation à une autre. La production exprimée en $\text{g} \cdot \text{a}^{-1}$, fournit donc des indications sur la productivité moyenne d'un arbre.

VI.6.2.3. Croissance isodiamétrique du tronc

Pour chacun des traitements, la circonférence du tronc à 1,70 m du sol a été mesurée sur chaque arbre, en début d'expérimentation, à l'aide d'un mètre ruban, puis en fin de cycle physiologique, avant le début de la défoliation annuelle, en janvier (Figure 23). L'accroissement moyen annuel de circonférence ($\text{cm} \cdot \text{an}^{-1}$) a été déterminé par la relation suivante:

$$\text{Acc}_n (\text{cm.an}^{-1}) = \text{Circ}_n - \text{Circ}_{n-1}$$

(équation 4)

Où

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.



Niveau de mesure de la circonférence

Distance 1,70 m

Niveau du sol

Figure 23: Mesure de circonférence à 1,70 m du sol.

VI.6.3. Détermination des paramètres physiologiques du latex

Le cycle physiologique annuel de l'hévéa est scindé en deux phases. La première phase, allant de mars à décembre, est marquée par une activité métabolique normale voire forte. La seconde phase, plus courte, de janvier à février, a été caractérisée par une faible activité métabolique coïncidant avec la défoliation naturelle des hévéas (hibernation). Le cycle physiologique annuel de l'hévéa débute ainsi par la phase d'activité métabolique normale et s'achève par la période de faible activité métabolique (Obouayeba, 2005).

Une analyse physiologique du latex des hévéas appelée Micro-Diagnostic Latex (MDL) a été effectuée chaque année dans la période de septembre à décembre. Elle est réalisée pendant neuf années (1996-2005) pour l'ensemble des traitements. La campagne physiologique débutant en mars ou avril, l'analyse du latex a permis d'évaluer, six mois plus tôt, l'incidence des traitements sur les paramètres physiologiques du latex (Obouayeba, 2005). Le Micro-Diagnostic Latex a permis donc de conclure à une meilleure qualité ou non de l'écoulement et de la régénération et, donc de la production de caoutchouc. Ainsi, les paramètres physiologiques, les plus importants du latex (taux d'extrait sec, teneurs en saccharose, en phosphore inorganique et en groupements thiols), ont été analysés une fois par an.

Du latex a été prélevé avec une seringue sous l'encoche de saignée (saignée descendante), selon la méthode du Micro-Diagnostic Latex (Jacob *et al.*, 1988). Ce prélèvement a permis de déterminer les taux d'extrait sec (Ex.S) et de doser les teneurs en saccharose (Sac), en phosphore inorganique (Pi) et en groupements thiols (R-SH) du latex. Le Micro-Diagnostic Latex a porté chaque année sur quatre échantillons pour tous les traitements et les paramètres physiologiques étudiés.

VI.6.3.1. Taux d'extrait sec du latex

La teneur en matière sèche du latex a été déterminée par pesée de 1 ml de latex prélevé au champ dans un pilulier en verre de 10 ml, avant et après étuvage à 80° C pendant 24 h. Mais, bien avant, la masse à vide du pilulier (PV) a été déterminée (Ribailier, 1972). La teneur en matière sèche (Ex.S) a été alors exprimée en pourcentage selon la relation suivante:

$$\text{Ex.S (\%)} = [(\text{PS} - \text{PV}) / (\text{PF} - \text{PV})] \times 100 \quad (\text{équation 5})$$

Où

Ex.S (%): pourcentage d'extrait sec

PS: masse de matière sèche après étuvage

PV: masse du pilulier à vide

PF: masse de matière fraîche

VI.6.3.2. Préparation du "sérum trichloracétique"

Un échantillon de 1 ml de latex a été mélangé à 9 ml d'acide trichloroacétique (TCA) à 2,5 % dans des piluliers en verre. L'acide trichloroacétique induit la coagulation du latex. Le latex coagulé a été séparé de l'acide trichloroacétique et le sérum obtenu a été filtré sur de la laine de verre, afin d'éliminer les impuretés, notamment des particules de caoutchouc restant en suspension. Le filtrat obtenu appelé "sérum" trichloroacétique a servi au dosage du sucre, du phosphore inorganique et des groupements thiols.

VI.6.3.3. Dosage du saccharose du latex

Le saccharose du latex a été dosé par la méthode à l'antrone mise au point par Ashwell (1957). En présence d'acide sulfurique concentré, les hexoses se déshydratent pour former un furfural qui réagit avec l'antrone en donnant une coloration bleu-vert dont l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 627 nm.

Dans des tubes à essais en verre, 250 µl de sérum d'acide trichloroacétique des traitements a été ajouté à 250 µl de TCA (2,5 %) contre 0,5 ml d'acide trichloroacétique (2,5 %) pour le témoin. Trois (3) ml de réactif à l'antrone ont été introduits dans tous les tubes. Les solutions ont été homogénéisées puis chauffées au bain-marie à la température de 37 °C pendant 5 min. Après refroidissement, les densités optiques (DO) ont été lues au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 627 nm.

Le fructose qui est l'un des constituants du saccharose, se déshydrate facilement. Quant au second constituant, le glucose, il nécessite un chauffage pour réagir. On peut donc doser séparément le fructose (sans chauffage) ou l'ensemble des hexoses (fructose et glucose) si l'on procède au chauffage des solutions. La teneur en saccharose du latex a été déterminée ensuite, puis exprimée en millimolaire (mM), à partir du dosage des solutions de la gamme d'étalon.

VI.6.3.4. Dosage du phosphore inorganique du latex

Le phosphore inorganique du latex a été dosé au molybdate d'ammonium par la méthode de Taussky & Shorr (1953). Le phosphore forme un complexe de coloration jaune avec le molybdate et le vanadate dont l'absorbance a été mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 410 nm.

Dans des tubes à essais en verre, un volume de 0,5 ml de sérum d'acide trichloroacétique des traitements contre 0,5 ml d'eau distillée pour le témoin, a été ajouté à 1 ml d'acide trichloroacétique (2,5 %). Trois (3) ml de réactif du phosphore ont ensuite été introduits dans tous les tubes. Les solutions ont été homogénéisées puis les densités optiques (DO) ont été lues au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 410 nm. La teneur en phosphore inorganique du latex a été déterminée, puis exprimée en millimolaire (mM) à partir du dosage des solutions de potassium dihydrogenophosphate de la gamme d'étalon.

VI.6.3.5. Dosage des groupements thiols du latex

Les groupements thiols ont été dosés par la méthode de Boyne & Ellman (1972) utilisant l'acide nitro – 2- thio 5 – benzoïque (TNB) dont l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 410 nm (réaction de Ellman).

Dans des tubes à essais en verre, un volume de 1,5 ml de sérum d'acide trichloroacétique des traitements contre 1,5 ml d'acide trichloroacétique (2,5 %) pour le témoin, a été ajouté à 1 ml de Tris 0,5 M. Cinquante (50) µl de DTNB ont ensuite été introduits dans l'ensemble des tubes. Les solutions ont été homogénéisées, puis les densités optiques (DO) ont été lues au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 410 nm. La teneur en groupements thiols du latex a été ensuite déterminée, puis exprimée en millimolaire (mM) à partir du dosage des solutions de la gamme d'étalon établies avec du glutathion réduit.

VI.6.4. Paramètres sanitaires des hévéas

Les paramètres sanitaires qui ont servi à évaluer l'effet de tous les traitements de notre étude ont été le taux de longueur d'encoche malade et le taux de mortalité d'arbres dus au pourridié des racines (*Fomes lignosus*). Cependant, le taux de mortalité d'arbres dus au pourridié des racines causé par le genre *Fomes lignosus* a été déterminé uniquement en rapportant avec à l'étude qui a porté sur l'effet de différents précédents culturels et des modes de préparation de terrain sur les paramètres agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*.

VI.6.4.1. Relevé hévéas infectés par le pourridié des racines causé par le genre *Fomes*

Un relevé d'arbres atteints de pourridié des racines causé par le genre *Fomes* a été réalisé une fois par année, au mois de novembre. Le relevé a été effectué par estimation visuelle et décompte des hévéas malades, afin de suivre l'apparition et l'état d'avancement du pourridié des racines causé par le genre *Fomes* (Figure 24) au cours des traitements (Wahounou *et al.*, 2017).



Figure 24: Incidence du *Fomes spp* en plantation d'hévéa en Côte d'Ivoire

A, B: Plantation d'hévéa dégradée par le *Fomes*; **C,D:** Plantation d'hévéa bien conduite

VI.6.4.2. Estimation visuelle de l'encoche sèche

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 consigné dans le tableau IV.

Pour chaque parcelle, le pourcentage de longueur totale d'encoche malade (LEM %) a été calculé de la manière suivante:

$$\text{LEM (\%)} = (0,1n_1 + 0,3n_2 + 0,5n_3 + 0,7n_4 + 0,9n_5 + n_6 + \text{ES}) \times N^{-1} \quad (\text{équation 6})$$

0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9 et 1: coefficients exprimant le pourcentage moyen d'encoche malade de la classe considérée (note attribuée)

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

N: nombre total d'arbres

ES: nombre d'arbres pour lesquels la saignée est déjà arrêtée pour cause d'encoche sèche totale

Au début de l'expérimentation, le taux de LEM est nul pour les traitements, seuls les arbres indemnes d'encoche sèche partielle ou totale ont été retenus.

Tableau III: Note attribuée aux arbres au cours du relevé de l'encoche sèche (Van de Sype, 1984)

Taux de LEM (%)	Note	Signification
0	0	Arbres sains
1 à 20	1	Arbres atteints d'encoche sèche de très faible niveau
21 à 40	2	Arbres atteints d'encoche sèche de faible niveau
41 à 60	3	Arbres atteints d'encoche sèche de niveau moyen
61 à 80	4	Arbres atteints d'encoche sèche de niveau assez élevé
81 à 99	5	Arbres atteints d'encoche sèche de niveau élevé
100	6	Arbres atteints d'encoche sèche totale ou arbres secs

LEM (%): Pourcentage de la longueur d'encoche malade

VI.6.5. Rentabilité économique de la culture de l'hévéa

La rentabilité économique de la culture de l'hévéa n'a été réalisée que pour l'expérimentation ayant porté sur l'effet de différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain sur les paramètres agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*.

VI.6.5.1. Collecte des données

La collecte de données a été effectuée selon le dispositif de l'expérimentation concernant l'effet de différents précédents culturaux et des modes de préparation de terrain sur les paramètres agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis* décrites plus haut. Les données de production de caoutchouc du clone d'hévéa (GT 1) ont été collectées en parcelles expérimentales de la SCASO au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Les données de production moyenne de caoutchouc (kg.ha⁻¹) enregistrée durant

l'expérience et les charges d'exploitation (coût de préparation du terrain) collectées entre l'année 1 et 2 après la mise en place de l'expérimentation, ont été soumises à une analyse économique. En effet, le coût de préparation du terrain selon le traitement a été lié à la charge d'exploitation relative aux activités suivantes: défrichage du terrain, nettoyage du terrain, mise en tas et/ou brûlage des débris végétaux, mise en place des plantes de couverture et préparation de terrain puis planting.

VI.6.5.2. Calculs économiques

La rentabilité économique, des différentes techniques de préparation de terrain, en fonction du précédent cultural a été analysée. L'indice considéré a été la marge bénéficiaire (MB). Les marges ont été calculées et comparées selon le précédent cultural (forêt ou jachère) et les techniques de préparation de terrain. La MB a été obtenue par la différence entre la Recette (R) et le Coût de Production (CP) selon l'équation 7.

$$MB(FCFA/ha/an) = R(FCFA/ha/an) - CP(FCFA/ha/an) \quad (\text{équation 7})$$

La recette est le produit de la quantité (Q) de caoutchouc frais ou bord champs récoltée par le Prix de vente (PA) bord champ du caoutchouc frais suivant l'équation 8.

$$R(Kg/ha/an) = Q(Kg/ha/an) \times PA(FCFA/Kg) \quad (\text{équation 8})$$

La quantité de caoutchouc a été la valeur annuelle moyenne sur la période de neuf ans (1996 à 2005) produite par le clone GT 1 étudié. Le prix moyen de vente considéré a été de 322 F CFA.Kg⁻¹ correspondant à la valeur moyenne actualisée du prix du caoutchouc frais sur la période post-dévaluation allant de 1994 à 2011 (Mahyao *et al.*, 2014).

Le Coût de Production (CP) a été principalement composé du coût de préparation du terrain (K) sous l'hypothèse que toutes les autres variables ont été égales par ailleurs (*ceteris paribus*) entre l'année deux et six.

VI.5.6. Analyses statistiques

Les données de production de caoutchouc, de croissance isodiamétrique du tronc, de micro diagnostic latex (MDL), de relevé encoche sèche et de marge bénéficiaire des différentes techniques culturales ont été traitées à l'aide du logiciel statistique STATISTICA

7.5. Ces données ont été soumises à une analyse de variance et le niveau de signification, en cas de différences entre les moyennes, a été estimé par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5 %. Pour la comparaison des pourcentages, le test de comparaison des moyennes à l'aide de la plus petite différence significative (ppds) au seuil de 5 % a été utilisé.

**TROISIÈME PARTIE:
RÉSULTATS ET
DISCUSSION**

CHAPITRE VII: EFFET DE DIFFÉRENTS PRÉCÉDENTS CULTURAUX ET MODES DE PRÉPARATION DE TERRAIN SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES, SANITAIRES ET ECONOMIQUES DU CLONE GT 1 DE *HEVEA BRASILIENSIS*

VII.1. Taux d'arbres vivants

Les différents précédents culturels et modes de préparation de terrain ont eu une incidence significative ($P=0,003$ et $P= 0,034$) sur le taux d'arbres vivants des parcelles du clone GT 1 à la première année de saignée des arbres et à la fin de l'expérimentation (Tableau V).

A la mise en saignée, le taux moyen d'arbres présents sur les parcelles a significativement ($P = 0,003$) été influencé par le précédent culturel et le mode de préparation de terrain. En effet, le taux d'arbres vivants des différents traitements, jachère abattue mécaniquement suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V (Jachère l.v; 97,02 %) et forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V (Forêt l.V; 97,7 %) ont statistiquement été identiques mais supérieurs à ceux des autres traitements (Tableau V).

A la fin de l'expérimentation, la parcelle jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V (Jachère l.v; 96,4 %) a enregistré le taux d'arbres vivants qui a significativement ($P= 0,034$) été plus important que ceux des autres traitements. Par contre, les taux les plus faibles ont été observés avec les précédents culturels forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements; (Forêt dev; 81,3 %) et forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V (Forêt l.v; 89,9 %).

Tableau IV: Peuplement du clone GT 1 soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain après neuf années de saignée

Traitements	Arbres Vivants (%)	
	Début (6 ans après planting)	Fin (après 9 ans de saignée)
Jachère ma. (te)	93,8 ± 0,44 c	91,8 ± 0,36 b
Forêt dév.	87,9 ± 0,82 c	81,3 ± 0,27 c
Forêt l.v.	97,7 ± 0,75 a	89,9 ± 0,45 c
Forêt man.	95,01 ± 0,27 b	92,8 ± 0,44 b
Jachère l.v.	97,02 ± 0,20 a	96,4 ± 0,72 a
Forêt and.	94,03 ± 0,60 b	92,2 ± 0,56 b
P (5 %)	0,003	0,034

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Arbres vivants (%)**: Arbres vivants exprimé en pourcentage. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Jachère ma**: Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt dev**: Forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt l.v**: Forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt man**: Forêt abattue manuellement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Jachère l.v**: Jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt and**: Forêt abattue mécaniquement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central.

VII.2. Production de caoutchouc et croissance végétative

VII.2.1. Evolution de la production au cours de neuf années de culture

L'évolution de la production moyenne annuelle, exprimée en kilogramme par hectare et par année ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$) de caoutchouc du clone GT 1, a globalement indiqué une baisse rapide de la première à la deuxième année de mise en saignée des arbres, avant de connaître une augmentation de la deuxième année à la quatrième année d'exploitation pour tous les précédents culturaux et modes de préparation de terrain.

Toutefois, la production de caoutchouc a connu une baisse progressive de la septième à la huitième année pour tous les traitements, avant de connaître à nouveau une hausse de production à la huitième année jusqu' en fin d'expérimentation (Figure 25).

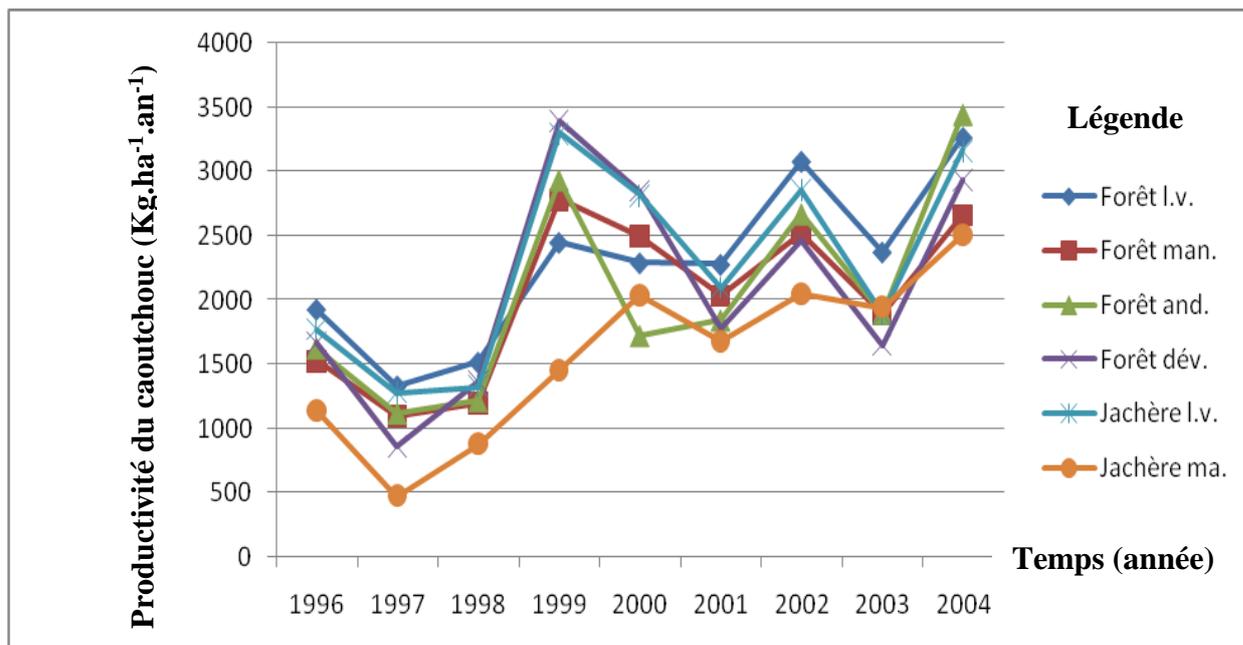


Figure 25: Evolution de la productivité à l'hectare de caoutchouc du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis* cultivé selon différents modes de préparation de terrain et précédents cultureux.

Jachère ma: Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements; **Forêt dev:** Forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements; **Forêt l.v:** Forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V; **Forêt man:** Forêt abattue manuellement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central et d'une trouaison manuelle des emplacements; **Jachère l.v:** Jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V; **Forêt and:** Forêt abattue mécaniquement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central.

VII.2.2. Production à l'arbre et par saignée ($\text{g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$), à l'arbre et par année ($\text{g.a}^{-1}.\text{an}^{-1}$), à l'hectare et croissance végétative en épaisseur du tronc

Le mode de préparation de terrain, selon le précédent cultural a significativement influencé la production de caoutchouc exprimée par arbre et par saignée, par arbre et par année, par hectare et la croissance végétative radiale (Tableau VI). En effet, le traitement témoin (Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements; Jachère ma) a enregistré des productions ($46 \text{ g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$, $4405 \text{ g.a}^{-1}.\text{an}^{-1}$ et $2053 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$) et un accroissement moyen annuel de $2,05 \text{ cm.an}^{-1}$ qui ont statistiquement été moins importantes que celles de tous les autres traitements.

Tableau V: Production moyenne de caoutchouc du clone GT 1 soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain, après neuf années de saignée

Traitements	Prod (g.a ⁻¹ .s ⁻¹)	Prod (g.a ⁻¹ .an ⁻¹)	Prod (kg.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	Accr (cm.an ⁻¹)
Jachère ma. (te)	46 ± 4,3 b	3556 ± 315 b	1575 ± 162 b	1,51 ± 1,57 b
Forêt dév.	58 ± 5,9 a	4412 ± 397 a	2108 ± 209 a	2,13 ± 1,47 a
Forêt l.v.	63 ± 8,1 a	4812 ± 350 a	2279 ± 160 a	2,06 ± 1,22 a
Forêt man.	61 ± 5,2 a	4683 ± 390 a	2022 ± 150 a	2,36 ± 1,26 a
Jachère l.v.	60 ± 5,5 a	4593 ± 400 a	2280 ± 194 a	2,02 ± 1,19 a
Forêt and.	58 ± 4,7 a	4375 ± 368 a	2053 ± 198 a	2,26 ± 1,42 a
Moyenne	57,67 ± 5,6	4405 ± 370	2053 ± 179	2,05 ± 1,36
P (5 %)	0,016	0,046	0,01	0,028

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). Prod: **g.a⁻¹.s⁻¹**: gramme par arbre par saignée; Prod: **g.a⁻¹.an⁻¹**: gramme par arbre par année; Prod: **kg.ha⁻¹.an⁻¹**: kilogramme par hectare par année; Accr: **cm.an⁻¹**: centimètre par année; **Prod**: production; **Accr**: accroissement moyen. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Jachère ma**: Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt dev**: Forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt l.v**: Forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt man**: Forêt abattue manuellement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Jachère l.v**: Jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt and**: Forêt abattue mécaniquement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central.

VII.3. Paramètres physiologiques des arbres

Dans l'ensemble, le profil physiologique des arbres n'a pas subi l'influence de différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain ($P > 0,05$). Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre tous les traitements y compris le témoin, les parcelles ont présenté le même profil physiologique (Tableaux VII et VIII).

Tableau VI: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain après une année de saignée

Traitements	Ex.S (%)	Sacc (mmol.l ⁻¹)	Pi (mmol.l ⁻¹)	R-sh (mmol.l ⁻¹)
Jachère ma. (te)	45,7 ± 1,33 a	12,6 ± 1,63 a	17,9 ± 2,09 a	0,78 ± 0,08 a
Forêt dév.	44,7 ± 2,41 a	12,7 ± 2,31 a	16,2 ± 1,46 a	0,76 ± 0,26 a
Forêt l.v.	44,6 ± 1,06 a	11,8 ± 2,25 a	17,3 ± 2,33 a	0,74 ± 0,22 a
Forêt man.	46,1 ± 1,35 a	12,3 ± 2,00 a	16,1 ± 1,44 a	0,73 ± 0,18 a
Jachère l.v.	46,4 ± 1,30 a	12,7 ± 2,16 a	16,8 ± 2,38 a	0,74 ± 0,23 a
Forêt and.	44,3 ± 2,11 a	12,4 ± 2,29 a	18,8 ± 1,52 a	0,74 ± 0,17 a
Moyenne	44,88 ± 1,59	12,25 ± 2,11	17,15 ± 1,87	0,75 ± 0,19
P (5 %)	0,09	0,637	0,86	0,07

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sacc (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; **R-sh (mmol.l⁻¹)** : teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Jachère ma**: Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt dev**: Forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt l.v**: Forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt man**: Forêt abattue manuellement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Jachère l.v**: Jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt and**: Forêt abattue mécaniquement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central.

Tableau VII: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation des parcelles après neuf années de saignée

Traitements	Ex.S (%)	Sacc (mmol.l ⁻¹)	Pi (mmol.l ⁻¹)	R-sh (mmol.l ⁻¹)
Jachère ma. (te)	46,76 ± 1,98 a	14,02 ± 2,63 a	19,87 ± 2,29 a	0,70 ± 0,18 a
Forêt dév.	45,78 ± 2,63 a	11,87 ± 2,51 a	19,45 ± 2,06 a	0,72 ± 0,26 a
Forêt l.v.	46,08 ± 1,16 a	12,18 ± 2,35 a	19,70 ± 3,33 a	0,72 ± 0,22 a
Forêt man.	46,16 ± 1,55 a	12,21 ± 3,00 a	20,70 ± 2,04 a	0,73 ± 0,28 a
Jachère l.v.	46,48 ± 1,60 a	13,36 ± 2,56 a	20,83 ± 2,58 a	0,73 ± 0,25 a
Forêt and.	45,43 ± 2,41 a	11,46 ± 2,99 a	19,10 ± 1,92 a	0,74 ± 0,17 a
Moyenne	46,12 ± 1,88	12,52 ± 2,67	20,24 ± 2,37	0,72 ± 0,23
P (5 %)	0,91	0,08	0,06	0,53

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sacc (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; **R-sh (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Jachère ma**: Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt dev**: Forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt l.v**: Forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt man**: Forêt abattue manuellement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Jachère l.v**: Jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt and**: Forêt abattue mécaniquement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central.

VII.4. Sensibilité à l'encoche sèche des arbres

Les différents modes de préparation de terrain, selon le précédent cultural, n'ont pas eu d'incidence significative ($P=0,054$) sur le taux de longueur d'encoche malade du clone GT 1 (Tableau IX). Les taux moyens de longueur d'encoche malade ont varié de 3,32 à 4,17 % après neuf années de saignée. Les différents modes de préparation de terrain, selon le précédent cultural, ont eu des taux de longueur d'encoche malade statistiquement identiques.

Tableau VIII: Taux de longueur d'encoche malade du clone GT 1, soumis à différents précédents cultureux et modes de préparation de terrain après neuf années de saignée

Traitements	LEM (%)
Jachère ma. (te)	4,17 ± 1,93 a
Forêt dév.	3,32 ± 1,14 a
Forêt l.v.	3,69 ± 1,01 a
Forêt man.	4,17 ± 1,93 a
Jachère l.v.	3,04 ± 2,29 a
Forêt and.	4,2 ± 2,14 a
P (5 %)	0,054

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **LEM (%)**: longueur d'encoche malade exprimée en pourcentage. Si la **probabilité** $\leq 0,05$ alors la différence est significative; Si la **probabilité** $\geq 0,05$ alors la différence n'est pas significative. **Jachère ma**: Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt dev**: Forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt l.v**: Forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt man**: Forêt abattue manuellement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Jachère l.v**: Jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt and**: Forêt abattue mécaniquement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central.

VII.5. Mortalité des arbres due à la maladie des racines (*Fomes*)

Les taux de mortalité d'arbres (Tableau X) dûs au pourridié des racines ont significativement varié selon le précédent cultural et le mode de préparation de terrain ($P=0,007$). Trois groupes ont été distingués. Le groupe 1 a été constitué des traitements (Jachère ma); (Forêt dev) et (Jachère l.v.) dont les taux d'arbres malades respectifs ont été statistiquement identiques (5 %; 5 % et 2 %). Ces taux significativement inférieurs à ceux des autres traitements parmi lesquels (Forêt and; 8 %) et (Forêt l.v; 11 %) de même importance, qui constituent le groupe 2 avec des taux de maladie intermédiaire.

La parcelle (Forêt man)» du groupe 3 a eu un taux d'arbres malades de 19 %, statistiquement supérieur à celui de tous les autres précédents cultureux et modes de préparation de terrain.

Tableau IX: Taux de mortalité d'arbres dus au pourridié des racines causé par le genre *Fomes* du clone GT 1, soumis à différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain après neuf années de saignée

Traitements	Taux de mortalité d'arbres (%)
Jachère ma. (te)	5 ± 0,52 c
Forêt dév.	5 ± 0,69 c
Forêt l.v.	11 ± 0,10 b
Forêt man.	19 ± 0,80 a
Jachère l.v.	02 ± 0,13 c
Forêt and.	08 ± 0,27 b
Moyenne	8,33 ± 0,42
P (5 %)	0,007

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). Si la **probabilité** $\leq 0,05$ alors la différence est significative; Si la **probabilité** $\geq 0,05$ alors la différence n'est pas significative. **Jachère ma:** Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt dev:** Forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt l.v:** Forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt man:** Forêt abattue manuellement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Jachère l.v:** Jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt and:** Forêt abattue mécaniquement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central.

VII.6. Rentabilité économique selon les précédents culturaux et mode de préparation de terrain

Les coûts de préparation des parcelles (Tableau XI) ont significativement varié suivant le précédent cultural ($P=0,007$). Le coût de mise en place des parcelles le plus élevé a été observé avec le traitement (Forêt l.v; 835000 F.CFA.ha⁻¹). Tandis que, le plus faible coût a été obtenu avec le traitement (Jachère ma; 163000 F CFA.ha⁻¹). Le gain le plus important (813641 FCFA.ha⁻¹.an⁻¹) a été enregistré chez les parcelles du traitement (Jachère l.v). Il a été, en effet, statiquement supérieur à ceux des parcelles (Forêt l.v; Forêt and et Jachère ma). Tandis que, le traitement le moins rentable à été (Forêt l.v; 339156. FCFA.ha⁻¹.an⁻¹).

Tableau X: Marges bénéficiaires (FCFA.ha⁻¹.an⁻¹) en fonction de différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain obtenues du clone GT 1

Traitements	Coûts de préparation (F CFA.ha ⁻¹)	Recettes (F CFA.ha ⁻¹)	Marges bénéficiaires
Jachère ma (té).	163 000 ± 3321 d	811 440 ± 3122 b	648 440 ± 5423 b
Forêt dév.	295 000 ± 3654 c	1 085 011 ± 4001 a	790 011 ± 3044 a
Forêt l.v.	835 000 ± 3941 a	1 174 656 ± 4055 a	339 156 ± 3883 d
Forêt man.	263 000 ± 3100 c	1 041 734 ± 4100 a	778 734 ± 4916 a
Jachère l.v.	360 500 ± 2855 c	1 174 141 ± 4205 a	813 641 ± 5646 a
Forêt and.	635 000 ± 2945 b	1 057 706 ± 3966 a	422 206 ± 2200 c
P (5 %)	0,001	0,002	0,03

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %) F.CFA.ha⁻¹.an⁻¹ : franc CFA par hectare et par année. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Jachère ma:** Jachère abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt dev:** Forêt abattue manuellement, suivie du brulis des débris végétaux et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Forêt l.v:** Forêt abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt man:** Forêt abattue manuellement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central et d'une trouaison manuelle des emplacements. **Jachère l.v:** Jachère abattue mécaniquement, suivie de l'ouverture des lignes avec une pelle en V. **Forêt and:** Forêt abattue mécaniquement, suivie d'un dégagement des débris végétaux de toute la parcelle en les regroupant en un andain central.

VII.7. Discussion

VII.7.1. Effet de différents modes de préparation de terrain sur la culture du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*

Les précédents culturaux forêt ou jachère, préparés mécaniquement ont des performances agronomiques plus importantes que celles enregistrés sur précédents culturaux préparés manuellement. En effet, la croissance la plus faible, avec un accroissement moyen annuel de 1,51 cm.an⁻¹ est observée au niveau de la parcelle qui a la plus faible productivité moyenne annuelle, à savoir celle qui a pour antécédent cultural jachère préparée manuellement. Ces résultats montrent l'importance du mode de préparation de terrain, particulièrement la préparation mécanique du terrain, lorsque les caractéristiques du sol l'exigent. Des résultats similaires ont été rapportés par Le Roux *et al.*, (1992); Le Roux, (1994) et FIRCA, (2013). Ces auteurs ont montré que, le sol du sud-ouest de la Côte d'Ivoire est constitué majoritairement de couches gravillonnaires et latéritiques situées entre 60 et 80 cm de profondeur. Cela constitue un facteur limitant à l'enracinement de l'hévéa. Ils ont également montré que sur les parcelles qui ont pour précédent cultural jachère ou forêt préparé mécaniquement, le pivot se développe jusqu'à 1 mètre de profondeur, limite inférieure de l'horizon de sol atteint lorsque la préparation de terrain est faite de façon mécanique. Ainsi, les pivots se développent spécifiquement dans les zones où la compacité du sol a été réduite par la préparation mécanique du terrain. De telles profondeurs ne sont pas atteintes chez les parcelles qui ont pour antécédent cultural jachère ou forêt préparé manuellement. Le développement du pivot y est donc difficile. La croissance orthotrope s'effectue jusqu'à 60 cm de profondeur (Boyer, 1985; Le Roux, 1994). A ce niveau, la couche compactée bloque complètement la poursuite de la croissance vers le bas. On observe alors des « tentatives » infructueuses de développement plagiotrope des racines. Un tel développement a pour conséquence un mauvais ancrage de l'arbre et des difficultés d'alimentation hydrominérale. La couche latéritique constitue un obstacle majeur au développement du pivot. Cette couche très peu perméable retient l'eau, ce qui peut provoquer l'asphyxie des racines (Moorgann *et al.*, 1997). Les éléments grossiers du profil ont un effet plus ou moins défavorable sur la fertilité du sol. Enfin, leur capacité de rétention en eau varie de 10 à 36 % selon qu'on est en présence de latérites ou de concrétions (Boa, 1989; Le Roux & Pagès, 1993). Selon leur densité et leur position, la croissance de l'hévéa peut être réduite de 20 à 30 % (Compagnon, 1986, Pagès *et al.*, 1991; FIRCA, 2008).

VII.7.2. Effet des précédents cultureux sur la culture du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*

Le pourridié racinaire, redoutable maladie des racines causée par le genre *Fomes* sur le clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*, montre que les parcelles à précédent cultural forêt et particulièrement la forêt avec comme technique culturale, la préparation manuelle est à proscrire comme technique culturale. Ce résultat confirme l'hypothèse d'une corrélation positive entre l'antécédent cultural forêt et la prolifération des foyers de maladie dus au genre *Fomes* (Delabarre & Serier 1995). Il apparaît donc évident que le précédent cultural, notamment Forêt, tient une importance particulière dans la prolifération du pourridié des racines due au genre *Fomes* telle que signalée par plusieurs auteurs dont Thierry, 2005; Wahounou. *et al.*, 2017). Ils ont montré que ce champignon, agent pathogène responsable de la maladie des racines, abondant dans les sols de forêt, peut donc influencer sensiblement le pourcentage d'arbres vivants dans une plantation. La proximité du champignon du genre *Fomes* avec le précédent Forêt ou la forêt elle-même, vient du fait que c'est un champignon lignivore qui prospère bien dans un milieu où il y a des espèces ou essences ligneuses. Dans ces conditions, il se multiplie abondamment et rapidement en forêt et surtout lorsque la forêt est abattue, à cause de l'abondance de la lignine provenant constamment des arbres de la forêt. Cette raison explique aussi sa quasi absence ou sa présence limitée sur précédent savane ou jachère qui ne dispose presque pas d'essence ligneuse. Ces terrains présentent un faible voire très faible taux d'inoculum du genre *Fomes*. Ceci explique par ailleurs le fait que, le choix d'un terrain affichant un précédent cultural exempt d'espèces ligneuses (jachère), constitue généralement la méthode de lutte préventive la plus efficace contre cette maladie. Nos résultats démontrent que, le précédent cultural jachère débarrassé de souches résiduelles, ainsi qu'une partie des racines, réduisant fortement la quantité d'inoculum, enregistre un plus faible taux d'arbres atteints de pourridié des racines, qui est de l'ordre de 2 %. Ils confirment ainsi, les travaux d'Adiko & Gnonhour (1997) et de Floret & Pontanier. (2001). Ces auteurs ont montré que les parcelles à précédent cultural jachère sont effectivement un moyen de faire diminuer le taux d'infestation des sols par les phytoparasites. Malgré, le fort taux de *Fomes* observé sur certaines parcelles de notre étude, il est à noter que les pertes dues à ce parasite fongique n'affectent pas pour le moment la production globale de ces parcelles.

VII.1.8.3. Analyse économique de différents précédents cultureux et modes de préparation de terrain sur le clone GT 1

Dans l'ensemble, et à quelques variantes près, les résultats économiques vont dans le même sens que les données agronomiques. Aussi, le résultat économique désigne, le précédent cultural jachère préparé mécaniquement comme la meilleure option de précédent cultural et de préparation technique de terrain. Ce choix est très important pour la filière hévéicole nationale. En effet, ce choix est dans la droite ligne de la position des responsables de cette filière qui prônent depuis au moins 5 années, l'extension des aires hévéicoles vers la savane et/ou des jachères. Le faisant, la filière participe activement et indirectement à la lutte contre la déforestation et contribue également à la constitution de forêt secondaire. Le couvert végétal hévéicole présente en effet les caractéristiques de forêt secondaire (Gilot *et al.*, 1993; Obouayeba *et al.*, 2015).

VII.1.9. Conclusion partielle

Cette étude a permis d'améliorer d'une part la croissance végétative en saignée, le rendement moyen en caoutchouc, et d'autre part, de diminuer le taux de pertes d'arbres dû au pourridié des racines causé par le genre *Fomes*. La jachère préparée mécaniquement a la particularité d'améliorer, la rentabilité économique en culture d'hévéa pour le paysan. Le taux d'arbres saignables, la productivité en caoutchouc, la croissance végétative et la rentabilité économique des arbres ont été les plus élevés chez la parcelle jachère l.v. L'antécédent cultural jachère, dont l'effet bénéfique a été accentué par le travail mécanisé a enregistré une forte productivité en caoutchouc et une bonne croissance végétative. La productivité en caoutchouc et la croissance végétative des arbres a varié d'une part, en fonction du précédent cultural et d'autre part, en fonction du mode de préparation de terrain. La rentabilité économique a aussi varié, d'une part, en fonction du précédent cultural et d'autre part, en fonction du mode de préparation de terrain. Les précédents culturaux forêt ou jachère, préparés mécaniquement ont des performances agronomiques plus importantes que celles enregistrés sur précédents culturaux préparés manuellement. Ainsi, nos expérimentations ont montré que désigne le précédent cultural jachère préparé mécaniquement est la meilleure option de précédent cultural et de préparation technique de terrain.

CHAPITRE VIII: EFFET DE LA DISPOSITION ET DE DENSITÉ DE PLANTATION SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET SANITAIRES DU CLONE GT 1 DE *HEVEA BRASILIENSIS*

VIII.1. Taux d'arbres vivants

Le taux d'arbres présents sur les parcelles a significativement varié tant au début qu'à la fin des neuf années de saignée ($P < 0,05$). La disposition de planting en quinconce et planting en lignes séparées de 6 m combinés à la densité 650 arbres par hectare ont donné le plus fort taux d'arbres vivants au début et à la fin de l'expérience par rapport au témoin (510 arbres par hectare) et la densité 350 arbres par hectare. Alors que pour la disposition de planting en lignes séparées de 7 m, c'est la densité témoin (510 arbres par hectare) qui a donné le taux le plus élevé d'arbres vivants au début et à la fin de l'expérience (Tableau XII).

Tableau XI: Effet de la disposition et de densité de plantation du clone GT 1 sur le taux d'arbres vivants, après neuf années de saignée

		Arbres vivants (%)	
DISPOSITION	DENSITE	Début (6 ans après plantation)	Fin (après 9 ans de saignée)
Quinconce	350	88,25 ± 0,84 ab	85,85 ± 0,56 ab
	510 (té)	84,41 ± 0,79 b	81,91 ± 0,65 b
	650	91,43 ± 0,95 a	89,92 ± 0,84 a
lignes 6 m	350	87,02 ± 0,91 ab	85,69 ± 0,81 ab
	510 (té)	87,21 ± 0,90 ab	86,62 ± 0,72 ab
	650	91,22 ± 0,84 a	88,25 ± 0,92 a
lignes 7 m (té)	350	90,51 ± 0,90 ab	89,37 ± 0,91 ab
	510 (té)	92,11 ± 0,56 a	90,51 ± 0,93 a
	650	81,83 ± 0,84 b	76,63 ± 0,65 b
P (5 %)		0,04	0,031

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Arbres vivants**: Arbres vivants exprime en pourcentage; **té**: témoin. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Quinconce**: planting en quinconce séparées de 7 mètres; **Lignes 6 m**: planting en lignes séparées de 6 mètres; **Lignes 7 m**: Planting en lignes séparées de 7 mètres; **350 a/ha**: 350 arbres par hectare; **510 a/ha**: 510 arbres par hectare; **650 a/ha**: 650 arbres par hectare.

VIII.2. Production de caoutchouc et croissance végétative

VIII.2.1. Evolution de la production à l'hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$) au cours des neuf années de culture

L'analyse de l'évolution de la productivité exprimée en kilogramme par hectare et par an ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$) des dispositifs combinés aux densités du clone GT 1, a révélé de façon générale des productions de caoutchouc de plus en plus importantes au fil des ans. Au terme de l'expérimentation, tous les arbres des différents traitements testés ont eu une productivité comprise entre 1112 et 3444 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$. Cependant, les combinaisons quinconce/650 $\text{a}\cdot\text{ha}^{-1}$; quinconce/510 $\text{a}\cdot\text{ha}^{-1}$; lignes séparées de 6 m/650 $\text{a}\cdot\text{ha}^{-1}$ et lignes séparées de 7 m/650 $\text{a}\cdot\text{ha}^{-1}$ ont eu les productions les plus importantes de la huitième à la neuvième année de saignée par rapport aux autres traitements (Figure 26).

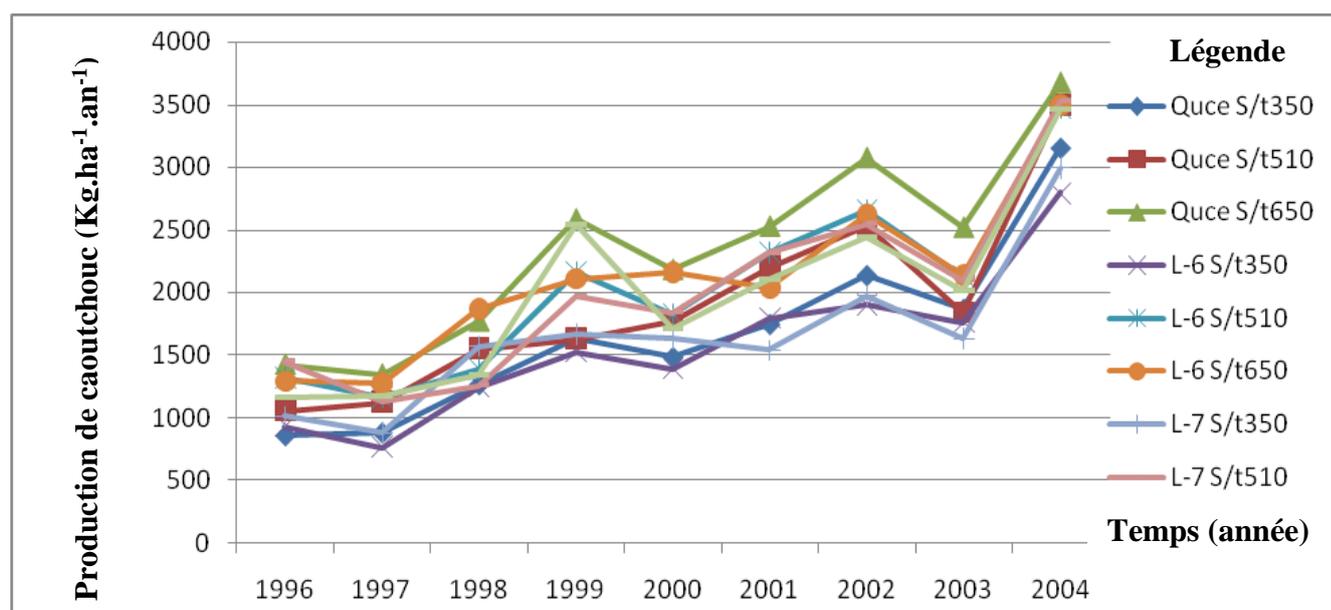


Figure 26: Evolution de la production à l'hectare en caoutchouc du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis* sur cultivés sur différentes dispositions et densités

Quinconce: planting en quinconce séparées de 7 mètres; **Lignes 6 m:** planting en lignes séparées de 6 mètres; **Lignes 7 m:** Planting en lignes séparées de 7 mètres; **350 a/ha:** 350 arbres par hectare; **510 a/ha:** 510 arbres par hectare; **650 a/ha:** 650 arbres par hectare.

VIII.2.2. Production à l'arbre par saignée ($\text{g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$) et à l'arbre par année ($\text{g.a}^{-1}.\text{an}^{-1}$)

Les dispositions et densités de plantation ont eu une influence significative sur la production à l'arbre à la saignée et à l'arbre par année du clone GT 1. En effet, la disposition de planting en quinconce ($72 \text{ g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$; $5515 \text{ g.a}^{-1}.\text{an}^{-1}$), planting en lignes séparés de 6 m ($71 \text{ g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$; $5382 \text{ g.a}^{-1}.\text{an}^{-1}$) et planting en lignes séparés de 7 m ($71 \text{ g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$; $5285 \text{ g.a}^{-1}.\text{an}^{-1}$) combinés à la densité de 350 arbres par hectare ont enregistré les productions à l'arbre par saignée et à l'arbre par année les plus fortes qui se sont avérées statistiquement supérieures à celles des densités de plantation 510 et 650 arbres par hectare, selon le même disposition de plantation (Tableau XIII). Les productions à l'arbre par saignée et à l'arbre par année du témoin (510 arbres par hectare) ont été significativement supérieures à celles de la densité de plantation 650 arbres par hectare pour tous les dispositions de plantation (Tableau XIII).

VIII.2.3. Production annuelle

Le rendement annuel, a été significativement influencé ($P=0,023$) par les dispositions et densités de plantation. La disposition de planting en quinconce et planting en lignes séparés de 6 mètres combinés à la densité de 650 arbres par hectare ont montré la production à l'hectare la plus élevée par rapport aux densités de 510 et de 350 arbres par hectare. Tandis que, pour la disposition de planting en lignes séparées de 7 mètres, c'est la parcelle témoin (510 arbres par hectare) qui a fait observer la plus forte productivité à l'hectare (Tableau XIII).

De façon générale, l'interaction disposition/densité de planting a montré que la combinaison « planting en quinconce/650 a/ha » a favorisé une meilleure expression du potentiel spécifique de production du clone d'hévéa GT 1.

VIII.2.4. Croissance végétative en épaisseur du tronc

La croissance végétative radiale en saignée a significativement été influencée par le disposition et la densité de plantation ($P=0,004$). Les valeurs d'accroissement annuel du diamètre des arbres les plus élevées ont été obtenues avec les faible densités de planting de 350 et 510 a/ha, pour tous les dispositifs par rapport à la densité 650 arbres par hectares (Tableau XIII).

Tableau XII: Effet de la disposition et de densité de plantation sur la production moyenne de caoutchouc et l'accroissement moyen annuel, après neuf années de saignée

DISPOSITION	DENSITE	Prod (g.a ⁻¹ .s ⁻¹)	Prod (g.a ⁻¹ .an ⁻¹)	Prod (kg.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	Accr (cm.an ⁻¹)
Quinconce	350	72 ± 6,3 a	5515 ± 485 a	1668 ± 176 b	3,40 ± 1,12 a
	510 (té)	63 ± 5,5 b	4775 ± 413 b	1985 ± 189 ab	2,70 ± 0,73 a
	650	53 ± 4,6 c	4040 ± 289 c	2275 ± 190 a	2,11 ± 0,53 b
lignes 6 m	350	71 ± 6,1 a	5382 ± 460 a	1569 ± 150 b	3,50 ± 1,27 a
	510 (té)	61 ± 7,4 b	4648 ± 405 b	2053 ± 183 ab	2,47 ± 0,69 a
	650	49 ± 5,2 c	3734 ± 276 c	2111 ± 168 a	2,09 ± 0,59 b
lignes 7 m (té)	350	69 ± 7,3 a	5285 ± 476 a	1657 ± 151 b	3,38 ± 1,09 a
	510 (té)	58 ± 4,2 b	4452 ± 402 b	2018 ± 190 a	2,53 ± 0,74 a
	650	54 ± 8,1 c	3790 ± 285 c	1897 ± 166 b	2,06 ± 0,67 b
P (5 %)		0,02	0,015	0,023	0,004

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). Prod: g.a⁻¹.s⁻¹:gramme par arbre par saignée; Prod: g.a⁻¹.an⁻¹: gramme par arbre par année; Prod: kg.ha⁻¹.an⁻¹: kilogramme par hectare par année; Accr: cm.an⁻¹: centimètre par année; **Prod**: production; **Accr**: accroissement moyen. **té**: témoin. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Quinconce**: planting en quinconce séparées de 7 mètres; **Lignes 6 m**: planting en lignes séparées de 6 mètres; **Lignes 7 m**: Planting en lignes séparées de 7 mètres; **350 a/ha**: 350 arbres par hectare; **510 a/ha**: 510 arbres par hectare; **650 a/ha**: 650 arbres par hectare.

VIII.3. Paramètres physiologiques du latex

L'état physiologique des hévéas est resté quasiment le même ($P>0,05$) de la première à la neuvième année de la récolte de latex, quels que soient la disposition et la densité de plantation. Le diagnostic latex des première et neuvième années de la saignée du clone GT 1 ont donné des résultats consignés respectivement dans les tableaux XIV et XV.

VIII.3.1. Taux d'extrait sec

Au début de la saignée des arbres (Tableau XIV), tous les dispositions combinés à la densité de plantation 350 arbres par hectare ont présenté le taux d'extrait sec le plus élevé (50,6; 51 et 50,4 %), sans toute fois être statistiquement différent ($P=0,06$) des autres traitements. Au regard des taux d'extrait sec, ils n'ont pas été significativement influencés par l'ensemble des dispositifs et densités de plantation.

En fin d'expérimentation, tous les taux d'extrait sec ont été statistiquement identiques ($P>0,05$) quels que soient la disposition et la densité de plantation (Tableau XV).

VIII.3.2. Teneur en saccharose

Au début de la récolte du latex, (Tableau XIV) les traitements n'ont pas significativement influencé ($P=0,057$) la teneur en saccharose des arbres, qui a varié de 11,5 à 13,7 mmol.l⁻¹. En effet, les différents motifs de l'expérience ont présenté des teneurs statistiquement identiques ($P>0,05$) entre elles.

En fin d'expérimentation, cette teneur en saccharose n'a pas significativement été influencée ($P=0,057$) par les dispositifs et densités de plantation (Tableau XV). Il n'y a pas de différence significative ($P>0,05$) entre les teneurs en saccharose des différents traitements de l'expérimentation.

VIII.3.3. Teneur en phosphore inorganique

Au début de la saignée des arbres, la teneur en phosphore inorganique des arbres a varié de 13,1 à 19,6 mmol.l⁻¹, selon les traitements de l'expérience (Tableau XIV). Il n'y a pas eu de différence significative ($P=0,081$) entre les teneurs en phosphore inorganique des différents traitements testés de l'étude.

En fin d'expérience, il n'y a pas eu de différence significative ($P=0,075$) entre les teneurs en phosphore inorganique du latex des différents motifs testés (Tableau XV).

VIII.3.4. Teneur en groupement thiols

Il n'y a pas de différence significative ($P>0,05$) entre les teneurs en ces composés dans les différents traitements testés (Tableaux XIV et XV). Dans l'ensemble, les teneurs en thiols du latex sont restées moyennes au cours de l'expérience. Les différentes teneurs en ces composés ont été statistiquement identiques ($P>0,05$) pour tous les dispositifs et densités de plantation. Globalement, les résultats du Micro Diagnostic Latex ont montré que la disposition combinée à la densité de planting n'a pas influé ($P>0,05$) l'état physiologique des arbres de l'expérience.

Tableau XIII: Effet de la disposition et de densité de plantation sur les paramètres physiologiques du clone GT 1, après une année de récolte de latex

DISPOSITIF	DENSITE	Ex.S (%)	Sac (mmol.l ⁻¹)	Pi (mmol.l ⁻¹)	R-sh (mmol.l ⁻¹)
quinconce	350	50,6 ± 2,55 a	13,5 ± 1,91 a	14,2 ± 3,53 a	0,71 ± 0,13 a
	510 (té)	50,4 ± 2,01 a	13,6 ± 1,74 a	14,1 ± 3,09 a	0,76 ± 0,16 a
	650	46,5 ± 2,37 a	13,7 ± 1,99 a	17,2 ± 3,50 a	0,80 ± 0,15 a
lignes 6 m	350	51,0 ± 2,51 a	12,5 ± 2,17 a	14,7 ± 2,35 a	0,65 ± 0,06 a
	510 (té)	48,5 ± 2,22 a	13,7 ± 2,70 a	17,7 ± 3,55 a	0,71 ± 0,17 a
	650	45,8 ± 1,43 a	13,7 ± 1,71 a	19,6 ± 2,70 a	0,82 ± 0,16 a
lignes 7 m (té)	350	50,4 ± 2,41 a	11,8 ± 1,78 a	13,4 ± 3,33 a	0,69 ± 0,17 a
	510 (té)	48,9 ± 2,24 a	12,7 ± 3,02 a	16,3 ± 3,01 a	0,79 ± 0,26 a
	650	47,2 ± 2,29 a	11,5 ± 2,89 a	18,2 ± 2,89 a	0,76 ± 0,18 a
P (5 %)		0,06	0,057	0,081	0,1

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)** : taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sac (mmol.l⁻¹)** : teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l⁻¹)** : teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre ; **R-sh (mmol.l⁻¹)** : teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Quinconce**: planting en quinconce séparées de 7 mètres; **Lignes 6 m**: planting en lignes séparées de 6 mètres; **Lignes 7 m**: Planting en lignes séparées de 7 mètres; **350 a/ha**: 350 arbres par hectare; **510 a/ha**: 510 arbres par hectare; **650 a/ha**: 650 arbres par hectare

Tableau XIV: Effet de la disposition et de densité de plantation sur les paramètres physiologiques du clone GT 1, après neuf années de récolte de latex

DISPOSITION	DENSITE	Ex.S (%)	Sac (mmol.l ⁻¹)	Pi (mmol.l ⁻¹)	R-sh (mmol.l ⁻¹)
	350	49,94 ± 2,95 a	13,92 ± 1,91 a	22,00 ± 3,53 a	0,71 ± 0,13 a
	510 (té)	48,40 ± 2,41 a	13,67 ± 1,74 a	21,81 ± 3,09 a	0,73 ± 0,16 a
quinconce	650	48,05 ± 2,77 a	13,11 ± 1,99 a	20,99 ± 3,50 a	0,70 ± 0,15 a
	350	48,59 ± 2,91 a	12,17 ± 2,17 a	17,54 ± 2,35 a	0,69 ± 0,06 a
	510 (té)	48,55 ± 2,82 a	13,20 ± 2,70 a	21,20 ± 3,55 a	0,73 ± 0,17 a
lignes 6 m	650	47,89 ± 2,13 a	13,86 ± 1,71 a	20,89 ± 2,70 a	0,74 ± 0,16 a
	350	49,25 ± 3,01 a	13,44 ± 1,78 a	21,15 ± 3,33 a	0,72 ± 0,17 a
	510 (té)	47,01 ± 2,94 a	12,25 ± 3,02 a	21,09 ± 3,01 a	0,77 ± 0,26 a
lignes 7 m (té)	650	47,97 ± 2,89 a	12,55 ± 2,89 a	21,39 ± 2,89 a	0,73 ± 0,18 a
P (5 %)		0,75	0,08	0,075	0,51

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sac (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; **R-sh (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Quinconce**: planting en quinconce séparées de 7 mètres; **Lignes 6 m**: planting en lignes séparées de 6 mètres; **Lignes 7 m**: Planting en lignes séparées de 7 mètres; **350 a/ha**: 350 arbres par hectare; **510 a/ha**: 510 arbres par hectare; **650 a/ha**: 650 arbres par hectare

VIII.4. Sensibilité à l'encoche sèche des arbres

Les différentes moyennes de dispositions et densités de plantation ont toutes été statiquement équivalentes ($P > 0,05$) au regard des taux de longueur d'encoche sèche (Tableau XVI).

Tableau XV: Effet de la disposition et densité de plantation sur la sensibilité d'encoche sèche du clone GT 1, après neuf années de saignée

DISPOSITIF	DENSITE	LEM (%)
Quinconce	350	2,47 ± 0,08 a
	510 (té)	2,81 ± 0,62 a
	650	3,07 ± 1,02 a
lignes 6 m	350	2,15 ± 0,93 a
	510 (té)	2,58 ± 0,25 a
	650	3,07 ± 1,03 a
lignes 7 m (té)	350	3,44 ± 1,16 a
	510 (té)	2,16 ± 0,72 a
	650	2,89 ± 0,55 a
P (5 %)		0,051

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **LEM (%)**: longueur d'encoche malade exprimée en pourcentage. Si la **probabilité** $\leq 0,05$ alors la différence est significative; Si la **probabilité** $\geq 0,05$ alors la différence n'est pas significative. **Quinconce**: planting en quinconce séparées de 7 mètres; **Lignes 6 m**: planting en lignes séparées de 6 mètres; **Lignes 7 m**: Planting en lignes séparées de 7 mètres; **350 a/ha**: 350 arbres par hectare; **510 a/ha**: 510 arbres par hectare; **650 a/ha**: 650 arbres par hectare

VIII.1.6. Discussion

La production moyenne annuelle obtenue, tous dispositifs et densités de plantation confondus, de nos travaux a été $1926 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$. Ce rendement a été important et surtout élevée, puisqu'il est supérieur au rendement moyen national estimé à $1700 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ (Obouayeba *et al.*, 2016) qui est l'un des meilleurs au monde.

Les résultats de neuf années d'expérimentation sur le dispositif de planting ont montré que les trois dispositions ont été statistiquement équivalents pour la production à l'arbre, la production à l'hectare et pour la croissance végétative radiale. Ces résultats indiquent qu'indépendamment de la densité de plantation expérimentée (350, 510 et 650 arbres/ha), la disposition sur le terrain des plants, en quinconce et en lignes séparées de 6 ou 7 mètres n'a aucune incidence sur le nombre d'arbres vivants, les paramètres agrophysiologiques, la production à l'arbre et à l'hectare ainsi que sur la croissance végétative en saignée et l'encoche sèche.

Cependant, les dispositions en lignes (séparées de 6 ou 7 m) pour une facilité d'exécution des travaux d'entretien avec des engins, des traitements phytosanitaires, ont présenté un avantage certain sur la disposition en quinconce.

De même, la disposition en lignes séparées de 6 m, avec 2,56 m contre 2,20 m (7 m entre lignes) entre deux plants sur une ligne, est préférable du fait d'une plus grande distance donnant un plus faible encombrement spatial entre plants (Pathiratna & Perrera, 2006). La disposition de planting en lignes séparées de 6 m est celui dont la mise en œuvre paraît plus convenable et par conséquent le disposition de planting à promouvoir.

La densité de planting, ce paramètre n'a pas influencé, le taux d'arbres vivants, l'état physiologique du latex et celui de la Longueur d'Encoche Malade (LEM). Par contre, les productions à l'arbre et à l'hectare sont sous sa dépendance. Ces résultats indiquent que la disposition des hévéas sur le terrain importe peu, relativement à ces performances de productivité. Ce, d'autant plus que cette disposition spatiale n'a pas influé sur le peuplement d'arbres vivants. En effet, il y a, à priori, une forte présomption que le taux d'arbres vivants dépende de leur positionnement spatial puisque la disposition des arbres détermine l'encombrement spatial qui peut conditionner ceux-ci. Les résultats obtenus nous confortent à l'idée qu'il n'en est rien, surtout concernant leur production. Cela paraît conforme à certains résultats de nombreux auteurs (Rodrigo *et al.*, 2005; Rodrigo, 2007) dont les travaux ont montré que la production de l'hévéa et son état physiologique étaient liés aux traitements appliqués à l'arbre et au nombre d'arbres à l'unité de surface (hectare) qui sont sous ces

traitements plutôt qu'à son positionnement spatial vis-à-vis des autres. Ceci est prouvé par le fait que globalement, la densité de planting détermine les productions arbres et à l'hectare. En effet, ces résultats, tout comme de nombreux autres (Pathiratna & Edirisinghe, 2003; Rodrigo, 2007), montrent clairement qu'il y a, avec la densité de planting, un gradient décroissant d'accroissement moyen annuel de circonférence et de production de l'arbre et un gradient croissant de production à l'hectare. L'état physiologique a été globalement bon, indépendamment de la disposition et de densité de planting. Ces résultats permettent de suggérer dans l'établissement de plantation, la densité de planting de 650 arbres à l'hectare. Une telle proposition vient de ce que des études antérieures ont montré que la densité de plantation agronomiquement justifiable est comprise entre $400 \leq \text{arbres/ha} < 700$ (Obouayeba (2005); Obouayeba *et al.* (2005)).

Mieux, les travaux de Obouayeba. (2005) et Obouayeba *et al.* (2005) ont clairement mis en évidence que la densité optimum technique de planting ou la densité économiquement justifiable est de 650 arbres/ha.

VIII.1.7. Conclusion partielle

Au terme de la présente étude, nous pouvons retenir que la disposition et la densité de plantation convenables ont été déterminés à la combinaison « dispositif en lignes séparées de 6 m/650 a/ha ». Le peuplement d'arbres saignables, la production en caoutchouc et la croissance végétative ont varié en fonction de la combinaison dispositif et densité de plantation de la mise en saignée des arbres à la fin de l'expérimentation. En effet, Le dispositif de planting en quinconce et planting en lignes séparées de 6 m combinés à la densité 650 arbres par hectare ont donné le plus fort taux d'arbres vivants au début et à la fin de l'expérience par rapport au témoin (510 arbres par hectare) et la densité 350 arbres par hectare. La production par arbre et par année le plus élevé a été obtenu avec la densité 350 arbres par hectare pour tous les dispositifs de plantation, statistiquement supérieure à la production de la parcelle témoin (510 arbres par hectare) et celle de la densité 650 arbres par hectare. Alors que pour la productivité à l'hectare, c'est la disposition de planting en quinconce et le planting en lignes séparées de 6 mètres combinés à la densité 650 arbres par hectare qui ont donné la production à l'hectare la plus élevée par rapport aux densités 510 et 350 arbres par hectares. Les valeurs d'accroissement annuel du diamètre des arbres les plus élevées ont été obtenues avec les densités de planting faible de 350 et 510 a/ha, pour tous les dispositifs par rapport à la densité 650 arbres par hectares.

CHAPITRE IX: EFFET DE PORTE-GREFFES ISSUS DE CLONES SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET SANITAIRES DES CLONES PB 217, GT 1, PB 235 ET PB 260 DE *HEVEA BRASILIENSIS*

IX.1. Taux d'arbres greffés vivants

Les différentes interactions entre porte-greffes et greffons en début d'expérimentation (92,25 %) et en fin d'expérimentation (81,94 %) ont eu un effet significatif ($P < 0,05$) sur les taux d'arbres vivants des parcelles, de la première année de récolte de latex jusqu'à la neuvième année de saignée (Tableau XVII).

Pour le greffon du clone GT 1, les taux d'arbres vivants les plus élevés ont été obtenus lorsqu'ils ont été combinés avec le porte-greffe TV (99,35 % et 98,07 %) à la mise en saignée des arbres et en fin d'expérimentation. Par contre, les taux les plus faibles ont été observés lorsque le greffon du clone GT 1 a été combiné avec les porte-greffes de PB 260 *ill* (91,48 et 89,91 %). En ce qui concerne le greffon PB 235, la parcelle à fort taux de peuplement en début de saignée des arbres (99,30 %) et en fin d'expérience (97,19 %) a été celle issue de l'interaction entre greffon de PB 235 et le porte-greffe illégitime du même clone, tandis que, les taux les plus faibles ont été la combinaison PB 235/GT 1 *ill* (90,25 % et 81,94 %).

Au niveau du traitement PB 260 (greffon), la combinaison PB 260/PB 260 *ill* a montré le taux d'arbres exploitables le plus élevé à la mise en saignée des arbres (95,83 %) et en fin d'expérimentation (90,27 %). Par contre, les taux les plus faibles ont été observés lorsque le greffon a été combiné avec PB 235 *ill* (89,6 % et 81,94 %). Pour le greffon PB 217 (Tableau XVII), les taux d'arbres vivants les plus élevés ont été obtenus lorsqu'ils ont été combinés avec les porte-greffes (GT 1 *ill* (95,83 % et 92,03 %) et PB 235 *ill* (93,80 % et 90,97 %) à la mise en saignée des arbres et en fin d'expérimentation. Par contre, les taux les plus faibles ont été observés lorsque le greffon a été associé avec PB 260 *ill* (86,81 % et 73,61 %).

Tableau XVI: Effet des porte-greffes issus de clones sur le peuplement des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260 à la première et à la neuvième année de récolte de latex

Greffon de Clones	Porte-greffes	Arbres Vivants (%)	
		Début (6 ans après planting)	Fin (après 9 années de saignée)
GT 1(té)	GT 1 <i>ill</i> (té)	95,22 ± 0,97 b	94,44± 0,77 b
	PB 260 <i>ill</i>	91,48 ± 0,86 c	89,91 ± 0,79 c
	PB 235 <i>ill</i>	95,21± 0,79 b	92,24 ± 0,81 b
	TV	99,35 ±0,85 a	98,07± 0,74 a
PB 235	GT 1 <i>ill</i> (té)	90,25 ± 0,89 c	81,94 ± 0,73 c
	PB 260 <i>ill</i>	94,44 ±0,74 b	92,27 ± 0,71 b
	PB 235 <i>ill</i>	99,30 ±0,64 a	97,19± 0,78 a
	TV	93,78 ±0,71 b	90,23 ± 0,61 b
PB 260	GT 1 <i>ill</i> (té)	92,05 ± 0,69 b	87,5 ± 0,99 b
	PB 260 <i>ill</i>	95,83 ± 0,55 a	90,27± 0,54 a
	PB 235 <i>ill</i>	89,6 ±0,78 c	81,94 ± 0,59 c
	TV	92,36 ±0,75 b	79,8 ± 0,88 b
PB 217	GT 1 <i>ill</i> (té)	95,83 ± 0,74 a	92,03 ± 0,78 a
	PB 260 <i>ill</i>	86,81 ± 0,70 c	73,61 ± 0,67 c
	PB 235 <i>ill</i>	93,80± 0,69 a	90,97± 0,71a
	TV	89,61 ± 0,63 b	83,54 ± 0,65 b
P (5 %)		0,002	0,04

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Arbres vivants**: Arbres vivants exprimé en pourcentage. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative.

IX.2. Production de caoutchouc des arbres greffés et croissance végétative

IX.2.1. Production à l'arbre et par saignée (g.a⁻¹.s⁻¹)

La production à l'arbre et à la saignée (Tableau XVIII) a été significativement influencée ($P=0,04$) par l'interaction greffon/porte-greffe. La production à l'arbre et la saignée des arbres du témoin GT 1/GT 1 *ill* (49,84 g.a⁻¹.s⁻¹) a significativement été identique à ceux des traitements GT 1 /PB 260 *ill* (49,27 g.a⁻¹.s⁻¹), GT 1/PB 235 *ill* (50,22 g.a⁻¹.s⁻¹) et GT 1/TV (50,37 g.a⁻¹.s⁻¹). Avec le greffon PB 235, la plus faible production a été observée avec le porte-greffe (PB 260 *ill*; 60,59 g.a⁻¹.s⁻¹). Aussi, l'association du greffon avec les autres porte-greffes a aboutit à une même production. La plus forte production (g.a⁻¹.s⁻¹) a été exprimée lorsque le greffon PB 260 a été associé au porte-greffe (PB 235 *ill*; 75,48 g.a⁻¹.s⁻¹). La

combinaison PB 217/GT 1 *ill* (67,60 g.a⁻¹.s⁻¹) a enregistré une faible production comparativement à l'association du greffon avec les autres porte-greffes, les combinaisons ont présenté les mêmes productions.

IX.2.2. Production à arbre et par année (g.a⁻¹.an⁻¹)

Le rendement par arbre et par année a significativement varié ($P=0,007$) d'un traitement à l'autre au cours des neuf années de saignée (Tableau XVIII). Avec le témoin GT 1, le g.a⁻¹.an⁻¹ le plus élevé a été obtenu avec l'interaction GT 1/PB 235 *ill* (3717,07 g.a⁻¹.an⁻¹), statistiquement identique aux autres combinaisons tel que GT 1 /PB 260 *ill* (3506,94 g.a⁻¹.an⁻¹), et GT 1/TV (3580,22 g.a⁻¹.s⁻¹) et supérieur à GT 1/GT 1 *ill* (3336,76 g.a⁻¹.an⁻¹). Au niveau du traitement PB 235, la plus forte production a été présentée par les combinaisons PB 235/GT 1 *ill* (4978,66 g.a⁻¹.an⁻¹), PB 235 /PB 235 *ill* (4901,49 g.a⁻¹.an⁻¹) et PB 235/ TV (4990,96 g.a⁻¹.an⁻¹) significativement supérieure ($P=0,007$) à celle de PB 235/PB 260 *ill* (4687,66 g.a⁻¹.an⁻¹). Concernant le greffon PB 260, l'interaction greffon/porte-greffe a montré que les combinaisons les mieux productives ont été PB 260/PB 235 *ill* (5874,70 g.a⁻¹.an⁻¹), significativement différent ($P=0,007$) de celles de autres interactions. En ce qui concerne le traitement PB 217, la productivité par arbre et par année, a varié statistiquement ($P=0,007$) selon le porte-greffe GT 1*ill*, PB 260 *ill*, PB 235 *ill* et TV avec pour valeur respective (4601,26 g.a⁻¹.an⁻¹; 4725,02 g.a⁻¹.an⁻¹; 4939,88 g.a⁻¹.an⁻¹ 4738,45 g.a⁻¹.an⁻¹). Les analyses de combinaison greffon/porte-greffe ont révélé de façon générale que, ce sont les combinaisons PB 260/PB 235 *ill*; et PB 217/PB 260 *ill* qui ont présenté des productions convenables (5874,70 et 5472,76 g.a⁻¹.an⁻¹).

IX.2.3. Production à l'hectare

L'interaction greffon/porte-greffe a significativement influencé ($P=0,03$) la production à l'hectare des arbres (Tableau XVIII). En effet, les arbres des greffons GT 1 et PB 217 combinés aux porte-greffes Tout venant et PB 235 *ill* ont enregistré la production de caoutchouc GT 1/ TV (1786,21 kg.ha⁻¹.an⁻¹), GT 1/PB 235 *ill* (1822,81 kg.ha⁻¹.an⁻¹), PB 217/TV (2230,12 kg.ha⁻¹.an⁻¹) et PB 217/PB 235 *ill* (2438,49 kg.ha⁻¹.an⁻¹) la plus forte et statistiquement supérieure à celles des autres associations. Concernant le greffon PB 235, la production à l'hectare n'a pas été statistiquement différent quel que soit le porte-greffe de l'expérimentation. Au niveau du traitement PB 260, le kg.ha⁻¹.an⁻¹ le plus élevé a été obtenu avec la combinaison PB 260/PB 235 *ill* (2438,49 kg.ha⁻¹.an⁻¹), statistiquement identique aux

interactions tel que PB 260 /PB 260 *ill* (2439,44 kg.ha⁻¹.an⁻¹), et PB 260/GT 1 *ill* (2394,94 kg.ha⁻¹.an⁻¹) et supérieur au traitement PB 260/TV (2204,56 kg.ha⁻¹.an⁻¹). Les analyses de l'interaction clone/porte-greffe ont révélé de façon générale que, ce sont les combinaisons PB 260 / PB 235 *ill*; PB 260 / PB 260 *ill* et PB 217/PB 235 *ill* qui ont présenté des productions convenables respectivement (2484; 2439 et 2438 kg.ha⁻¹.an⁻¹).

IX.2.4. Croissance végétative en épaisseur du tronc

L'accroissement annuel de circonférence des arbres, toutes combinaisons de porte-greffes et greffons des hévéas confondues, n'a significativement ($P=0,05$) pas été influencé par les traitements (Tableau XVIII). Quel que soit le porte-greffe associé aux greffons PB 235; PB 260 et PB 217, aucune différence significative n'a été observée dans la croissance en épaisseur du tronc des arbres. Pour le greffon GT 1, la croissance en épaisseur du tronc a été identique avec les porte-greffes GT 1 *ill*; PB 260 *ill* et PB 235 *ill*. Toutefois, cette croissance a été significativement supérieure à celle de la combinaison GT 1 x TV.

Tableau XVII: Effet des porte-greffes issus de clones sur la production moyenne de caoutchouc et accroissement moyen annuel des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260, après neuf années de saignée

Greffons de Clones	Porte-greffes	Prod (g.a⁻¹.s⁻¹)	Prod (g.a⁻¹.an⁻¹)	Prod (kg.ha⁻¹.an⁻¹)	Accr (cm.an⁻¹)
GT 1 (té)	GT 1 <i>ill</i> (té)	49,84 ± 6,3 a	3336,76 ± 477,08 b	1618,86 ± 152,01 b	2,12 ± 1,13 a
	PB 260 <i>ill</i>	49,27 ± 7,1 a	3506,94 ± 599,09 a	1655,17 ± 204,99 b	1,99 ± 0,77 a
	PB 235 <i>ill</i>	50,22 ± 5,5 a	3717,07 ± 649,20 a	1822,81 ± 242,88 a	1,94 ± 0,83 a
	TV	50,37 ± 5,1 a	3580,22 ± 690,36 a	1786,21 ± 258,58 a	1,31 ± 0,77 b
PB 235	GT 1 <i>ill</i> (té)	65,26 ± 4,3 a	4978,66 ± 796,33 a	2208,44 ± 244,98 a	2,98 ± 1,15 a
	PB 260 <i>ill</i>	60,59 ± 4,9 b	4687,66 ± 561,67 b	2166,06 ± 159,61 a	2,97 ± 1,14 a
	PB 235 <i>ill</i>	64,22 ± 7,3 a	4901,49 ± 702,83 a	2285,80 ± 145,28 a	2,97 ± 1,06 a
	TV	64,01 ± 6,7 a	4990,96 ± 629,35 a	2211,52 ± 168,69 a	2,96 ± 1,13 a
PB 260	GT 1 <i>ill</i> (té)	67,60 ± 6,9 b	5272,97 ± 782,3 b	2394,94 ± 212,27 a	2,43 ± 1,01 a
	PB 260 <i>ill</i>	66,80 ± 8,3 b	5232,73 ± 569,40 b	2439,44 ± 221,21 a	2,26 ± 0,92 a
	PB 235 <i>ill</i>	75,48 ± 7,9 a	5874,70 ± 650,91 a	2484,36 ± 222,15 a	2,50 ± 1,11 a
	TV	67,50 ± 5,7 b	5211,30 ± 564,63 b	2204,56 ± 174,80 b	2,50 ± 0,93 a
PB 217	GT 1 <i>ill</i> (té)	61,18 ± 5,8 b	4816,64 ± 502,97 b	2106,64 ± 238,28 b	2,70 ± 0,93 a
	PB 260 <i>ill</i>	69,80 ± 5,3 a	5472,76 ± 512,59 a	2078,33 ± 285,74 b	2,67 ± 1,51 a
	PB 235 <i>ill</i>	67,03 ± 5,6 a	5266,24 ± 615,8 a	2438,49 ± 335,31 a	2,51 ± 1,28 a
	TV	65,88 ± 6,2 a	5171,32 ± 647,49 a	2230,12 ± 288,20 a	2,66 ± 1,71 a
P (5 %)		0,001	0,007	0,03	0,04

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **kg.ha⁻¹.an⁻¹**: kilogramme par hectare par an; **g.a⁻¹.an⁻¹**: gramme par arbre par an; **cm.an⁻¹**: centimètre par année; **Prod** : production; **Accr** : accroissement moyen. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative.

IX.3. Caractéristiques physiologiques des arbres greffés

IX.3.1. Taux d'extrait sec

En début de campagne, les traitements ont donné le même taux d'extrait sec avec les clones GT 1; PB 235, PB 260 et PB 217 (Tableau XIX).

A la fin de l'expérimentation, les taux d'extraits secs n'ont pas varié avec les différentes combinaisons (greffon/porte-greffe) des clones GT 1 et PB 235. Avec le clone PB 260, l'association avec les porte-greffes GT 1 *ill*, PB 235 *ill* et PB 260 *ill* ont donné les mêmes taux d'extrait sec. Les combinaisons PB 217 /GT 1 *ill* et PB 217/Tout venant ont présenté les mêmes taux d'extrait sec. Ces taux ont été statistiquement supérieurs à ceux des combinaisons PB 217/PB 235 *ill* et PB 217/PB 260 *ill* (Tableau XIX).

IX.1.4.2. Teneur en saccharose

Au début de la saignée des arbres (Tableau XIX), la teneur en saccharose de latex du greffon PB 260 n'a pas été discriminée quel que soit le porte-greffe de l'expérimentation. Au niveau du greffon GT 1, la combinaison avec les porte-greffes GT 1 *ill* et Tout venant ont présenté les mêmes teneurs en saccharose. Ces teneurs ont été néanmoins supérieures à celles présentées avec les porte-greffes PB 260 *ill* et PB 235 *ill*. Avec le clone PB 235, les teneurs des combinaisons PB 235/GT 1 *ill*, PB 235/PB 260 *ill* et PB 235/TV ont été les plus élevées et statistiquement supérieures à celle de l'interaction PB 235 /PB 235 *ill*. Concernant le greffon PB 217, les combinaisons PB 217/PB 235 *ill*, PB 217/PB 260 *ill* et PB 217/GT 1 *ill* ont présenté les mêmes teneurs en saccharose et statistiquement supérieures à celle du traitement PB 217/TV.

A la fin de l'expérience (Tableau XIX), les greffons GT 1 et PB 217 combinés aux porte-greffes GT 1 *ill*, Tout venant et PB 235 *ill* ont enregistré les mêmes teneurs en saccharose mais statistiquement supérieures à celles des combinaisons GT 1/PB 260 *ill* et PB 217/PB 260 *ill*. Avec le clone PB 235, l'association avec les porte-greffes GT 1 *ill*, PB 235 *ill*, PB 260 *ill* et TV ont donné les mêmes teneurs en saccharose. En ce qui concerne le greffon PB 217, la combinaison PB 217/PB 235 *ill* a obtenu la teneur en saccharose la plus élevée par rapport aux autres traitements.

IX.1.4.3. Teneur en phosphore inorganique

Au début de la récolte du latex, le greffon GT 1 associé aux porte-greffes GT 1 *ill*, PB 260 *ill* et TV ont obtenu la teneur en phosphore inorganique la plus faible, par rapport à la combinaison GT 1/PB 235 *ill* (Tableau XX). Le phosphore inorganique présent dans le latex des arbres issus de l'interaction entre greffons PB 235 et PB 260 et les portes-greffe GT 1 *ill*, PB 235 *ill*, TV et PB 260 *ill*, la teneur n'a pas été statistiquement différente. En ce qui concerne le greffon PB 217 combiné aux porte-greffes PB 260 *ill*, PB 235 *ill* et TV ont présenté la teneur la plus élevée et statistiquement supérieure à celle de la combinaison PB 217/GT 1.

A la fin de l'expérimentation, la teneur en phosphore inorganique des greffons GT 1 et PB 235 associés à tous les portes-greffes, n'a pas été statistiquement différent. (Tableau XX). En ce qui concerne la Pi (mmol.l^{-1}) des greffons PB 260 et PB 217 combinés à l'ensemble des porte-greffes, elle a été statistiquement déférente.

IX.1.4.4. Teneur en groupement thiols

Au début de la saignée des arbres, les Rsh (mmol.l^{-1}) présents dans le latex des arbres issus de l'interaction entre greffons GT 1, PB 235, PB 260, PB 217 et l'ensemble des porte-greffes, n'a pas été discriminée (Tableau XX).

A la fin de l'expérimentation, la teneur en groupement thiols du greffon GT 1 n'a pas statistiquement variée quel que soit le porte-greffe de l'expérience. Quant à la teneur de l'interaction entre greffons PB 235, PB 260 et PB 217 et l'ensemble des porte-greffes de l'expérimentation, a statistiquement été différente (Tableau XX).

Tableau XVIII: Effet des porte-greffes issus de clones sur les paramètres physiologiques des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260 après une et neuf année de récolte de latex

Greffons de Clones	Porte-greffes	Début d'expérimentation		Fin d'expérimentation	
		Ex.S (%)	Sac(mmol.l^{-1})	Ex.S (%)	Sac(mmol.l^{-1})
GT 1 (té)	GT 1 <i>ill</i> (té)	49,6 ± 4,10 a	12,4 ± 3,77 a	53,85 ± 2,01a	13,1 ± 2,14 a
	PB 260 <i>ill</i>	49,9 ± 3,52 a	9,4 ± 4,58 b	53,33 ± 2,15 a	14 ± 1,13 a
	PB 235 <i>ill</i>	49,5 ± 1,78 a	11,4 ± 5,35 b	53,11 ± 2,13 a	11,2 ± 3,02 b
	TV	49,9 ± 3,28 a	17 ± 5,95 a	53,05 ± 1,65 a	13,6 ± 1,74 a
PB 235	GT 1 <i>ill</i> (té)	53,3± 3,94 a	7,4 ± 2,92 a	54,02 ± 1,05 a	10,4 ± 3,31 a
	PB 260 <i>ill</i>	53,5± 2,70 a	7,4 ± 2,91 a	52,15 ± 1,1 a	9,1 ± 3,25 a
	PB 235 <i>ill</i>	55,1±3,08 a	6,2 ± 2,18 b	54,05 ± 3,3 a	10,9 ± 3,21 a
	TV	53,4± 3,36 a	9,5 ± 3,13 a	54,47 ± 2,55 a	8,7 ± 1,45 b
PB 260	GT 1 <i>ill</i> (té)	53,1± 3,89 a	7,2± 2,63 a	56,67 ±3,5 a	9,8 ± 1,12 b
	PB 260 <i>ill</i>	53,5± 3,17 a	5,4± 1,20 a	56,73 ±2,87 a	12,2 ± 2,3 a
	PB 235 <i>ill</i>	55,5± 3,90 a	6,5± 2,87 a	56,18 ±2,02 a	10,7 ± 3,19 a
	TV	53,8± 3,60 a	5,7± 2,64 a	55,7 ±2,09 a	9,6 ±1,4 b
PB 217	GT 1 <i>ill</i> (té)	51,5± 3,10 a	13 ± 4,47 a	56,48 ± 2,61 a	10,2 ±2,25 a
	PB 260 <i>ill</i>	51,8± 4,39 a	12,3± 3,58 a	53,3 ± 1,98 b	13,5 ± 1,89 a
	PB 235 <i>ill</i>	53,1± 3,85 a	12,8± 5,20 a	52,6 ±1,84 b	6,9 ±1,76 b
	TV	51,6± 3,08 a	10,6± 5,72 b	56,0 ±1,45 a	10,9 ±1,95 a
P (5 %)		0,52	0,02	0,01	0,004

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sac (mmol.l^{-1})**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l^{-1})**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; **R-sh (mmol.l^{-1})**: teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. Si la **probabilité** $\leq 0,05$ alors la différence est significative; Si la **probabilité** $\geq 0,05$ alors la différence n'est pas significative.

Tableau XIX: Effet des porte-greffes issus des clones sur les paramètres physiologiques des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260 après une et neuf années de récolte de latex

		Début d'expérimentation		Fin d'expérimentation	
Greffons de clones	Porte-greffes	Pi (mmol.l ⁻¹)	Rsh (mmol.l ⁻¹)	Pi (mmol.l ⁻¹)	Rsh (mmol.l ⁻¹)
GT 1 (té)	GT 1 <i>ill</i> (té)	22,1± 4,45 b	0,88± 0,15 a	21,5 ± 2,44 a	0,52±0,11 a
	PB 235 <i>ill</i>	24,7± 4,85 b	0,84± 0,17 a	23,9 ± 2,80 a	0,52±0,09 a
	PB 260 <i>ill</i>	32,5± 5,43 a	0,95± 0,21 a	22,3 ± 1,94 a	0,54±0,13 a
	TV	23,1± 3,98 b	0,98± 0,20 a	22,8 ± 1,81 a	0,54±0,33 a
PB 235	GT 1 <i>ill</i> (té)	25,7± 1,45 a	0,83± 0,09 a	24,8 ± 2,74 a	0,47±0,08 b
	PB 235 <i>ill</i>	22,4± 2,83 a	0,72± 0,16 a	23,7 ± 1,55 a	0,43±0,10 b
	PB 260 <i>ill</i>	21,3± 1,45 a	0,72± 0,17 a	24,5 ± 1,75 a	0,54±0,07 a
	TV	26,9± 2,97 a	0,9± 0,18 a	23,8 ± 1,62 a	0,45±0,13 b
PB 260	GT 1 <i>ill</i> (té)	27,7± 5,36 a	0,91± 0,28 a	22,6 ± 2,70 b	0,51±0,19 b
	PB 235 <i>ill</i>	30,6± 4,18 a	0,99± 0,26 a	26,7 ± 2,51 a	0,63±0,15 a
	PB 260 <i>ill</i>	27± 5,46 a	0,94± 0,20 a	31,9 ± 1,74 a	0,56±0,05 a
	TV	26,5± 5,49 a	0,97± 0,25 a	25,5 ± 2,15 a	0,51±0,06 b
PB 217	GT 1 <i>ill</i> (té)	20,1± 4,59 b	0,89± 0,14 a	26,4 ± 2,87 a	0,46±0,04 b
	PB 235 <i>ill</i>	25,7± 4,90 a	0,9± 0,16 a	29,2 ± 1,86 a	0,60±0,07 a
	PB 260 <i>ill</i>	26,2± 4,01a	0,92± 0,12 a	22,1 ± 1,64 b	0,47±0,06 b
	TV	27,9± 4,90 a	0,87± 0,17 a	26,6 ± 2,02 a	0,48±0,11 b
P (5 %)		0,045	0,03	0,015	0,001

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sac (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; **R-sh (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative.

IX.1.5. Sensibilité à l'encoche sèche des arbres

Le taux d'encoche sèche, (Tableau XXI), a fluctué ($P=0,004$) avec les combinaisons de porte-greffes et de greffons des hévéas. Les traitements ont donné le même taux d'encoche sèche avec la combinaison entre le greffon PB 235 et l'ensemble des porte-greffes (Tableau XXI). Les associations entre le PB 260 et les porte-greffes GT 1 *ill*, TV et PB 260 *ill* ont donné les mêmes taux d'encoche sèche. Cependant, ces taux ont été significativement plus élevés que le taux d'encoche sèche obtenu avec le porte-greffe PB 235 *ill*. En ce qui concerne le greffon GT 1, les combinaisons GT 1/GT 1 *ill* et GT 1/ PB 260 *ill* ont obtenu le taux

d'encoche sèche le plus élevé par rapport aux autres traitements. Les combinaisons PB 217/PB 260 *ill* et PB 217/Tout venant ont présenté les mêmes taux d'encoche sèche. Ces taux ont été statistiquement inférieurs à ceux des combinaisons PB 217/GT 1 *ill* et PB 217/PB 235 *ill* (Tableau XXI).

Tableau XX: Effet des porte-greffes clonaux sur la sensibilité à l'encoche sèche des clones GT 1, PB 235, PB 217 et PB 260, après neuf années de récolte de latex

Greffons de Clones	Porte-greffes	LEM (%)
GT 1(té)	GT 1 <i>ill</i> (té)	12,63 ± 0,69 a
	PB 260 <i>ill</i>	7,22 ± 0,32 ab
	PB 235 <i>ill</i>	4,44 ± 0,22 c
	TV	5,72 ± 0,72 b
PB 235	GT 1 <i>ill</i> (té)	8,66 ± 0,66 a
	PB 260 <i>ill</i>	11,33 ± 0,33 a
	PB 235 <i>ill</i>	9,28 ± 0,28 a
	TV	8,85 ± 0,85 a
PB 260	GT 1 <i>ill</i> (té)	6,77 ± 0,63 a
	PB 260 <i>ill</i>	9,53 ± 0,71 a
	PB 235 <i>ill</i>	6,30 ± 0,55 b
	TV	10,21 ± 0,51 a
PB 217	GT 1 <i>ill</i> (té)	10,63 ± 0,77 a
	PB 260 <i>ill</i>	7,72 ± 0,56 ab
	PB 235 <i>ill</i>	6,01 ± 0,29 b
	TV	3,52 ± 0,21 c
P (5 %)		0,004

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **LEM (%)** : longueur d'encoche malade exprimée en pourcentage. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative

IX.1.6. Discussion

La préoccupation, de trouver un ou des porte-greffes à même de se substituer au clone GT 1 *ill* et/ou de le seconder, afin de faire efficacement face aux différents aléas qui surviendraient sur le GT 1, porte-greffe, se présente à trois niveaux (Goncaves *et al.*, 1994):

- a trait au porte-greffe qui détermine les différents aspects du peuplement au champ;
- concerne le greffon, partie clonale, dont la performance agrophysiologique (croissance végétative, production de caoutchouc, état physiologique et sensibilité à l'encoche sèche) est attendue;
- vient de l'association porte-greffe/greffon, dont la bonne union est un gage de la meilleure expression de la performance agrophysiologique supposée du clone planté.

Relativement au peuplement au champ, nos résultats ont montré que le peuplement d'hévéas, pour tous les porte-greffes et clones, (94 %) a été bon, six (6) ans après plantation. Cela correspond à 1 % de perte annuelle d'hévéas et corrobore la remarque de Tran (1994) rapportant qu'une plantation bien établie perdait environ 1 % de son peuplement d'arbres quelle que soit l'origine de la perte. Au terme de l'expérimentation, après 15 années de travaux dont 9 années de saignée, le taux moyen annuel de perte, tous porte-greffes et clones confondus, vaut 0,81 %, indiquant que le taux d'hévéas saignables (87,82 %) est bon et ne peut constituer un handicap à l'atteinte de l'objectif recherché.

Concernant, les paramètres agrophysiologiques, notamment, la production de caoutchouc et relativement aux clones, nos résultats ont montré que la productivité en caoutchouc du clone GT 1, quel que soit le porte-greffe est globalement inférieure ou égale à celles des autres clones PB 217, PB 235 et PB 260. Dans le cas des porte-greffes, la production en caoutchouc du clone GT 1 *ill* a été globalement inférieure ou égale à celle des autres porte-greffes PB 260 *ill*; PB 235 *ill*; Tout venant. Il en a été de même de la croissance végétative radiale où celle du clone GT 1 a été significativement inférieure ou égale à celles des mêmes clones PB 217, PB 235 et PB 260; la croissance végétative radiale des porte-greffes, étant quasiment de même importance. Relativement aux porte-greffes, des quatre matériels végétaux testés, GT 1 *ill*, (témoin), PB 235 *ill*, PB 260 *ill* et Tout venant, tous ont été statistiquement équivalents et ont présenté des paramètres agrophysiologiques de bon niveau. En effet, nos résultats ont montré que, toutes interactions porte-greffes et greffons confondus:

- le rendement moyen annuel de 2133 kg.ha⁻¹.an⁻¹ a été bon et même d'un très haut niveau parce qu'il est supérieur d'un tiers à la moyenne annuelle nationale d'environ 1700 kg.ha⁻¹

(l'un des plus élevés au monde) (Obouayeba *et al.*, 2016). Le rendement moyen annuel du PB 235 *ill*, tout comme son gramme par arbre et par saignée et son gramme par arbre et par année ont supérieurs ou égaux à ceux des autres porte-greffes GT 1 *ill*, PB 260 *ill* et Tout venant.

- la croissance végétative radiale, tous porte-greffes et clones confondus, exprimée par l'accroissement moyen annuel de circonférence de 2.56 cm.an⁻¹ est de bon niveau surtout avec une productivité en caoutchouc supérieure à 2000 kg.ha⁻¹.an⁻¹ (Goncalves *et al.*, 1994). L'accroissement moyen annuel de circonférence du clone PB 235 *ill* (2.70 cm.an⁻¹) supérieur à la moyenne de l'expérimentation est au moins de même grandeur que ceux des autres porte-greffes clonaux GT 1 *ill*; PB 260 *ill* et Tout venant.

- le profil physiologique des hévéas paraît assez bien équilibré indépendamment du porte-greffe et du clone. Le profil physiologique du porte-greffe clonal PB 235 *ill* est au moins assez bien équilibré que celui de tous les autres porte-greffes; GT 1 *ill*, (témoin), PB 235 *ill*, PB 260 *ill*, et Tout venant.

iv) la sensibilité à l'encoche sèche, exprimée en %, atteint 8.04. Son niveau paraît assez élevé mais acceptable du fait que c'est un résultat d'une dizaine d'années d'expérimentation avec des clones sensibles (PB 235 et PB 260) et peu sensibles (GT 1 et PB 217). Le porte-greffe PB 235 *ill*, avec 6.5 % a exprimé une sensibilité inférieure à celle des autres porte-greffes (GT 1 *ill*, PB 260 *ill* et Tout venant).

Nos résultats ont montré que tous les porte-greffes clonaux et Tout venant ont été statistiquement équivalents relativement, au peuplement d'hévéas saignables, à la productivité en caoutchouc, à la croissance végétative radiale, au profil physiologique et à la sensibilité à l'encoche sèche. Ceci indique que chacun de ces porte-greffes sont susceptibles de se substituer et/ou de seconder le clone GT 1 *ill*, réputé bon porte-greffe ou porte-greffe de référence. Comme, par ailleurs, le clone PB 260 *ill* exprime une forte sensibilité au chancre caulinaire, justifiant son retrait de la liste des clones recommandés, il ne peut être retenu (Dibi *et al.*, 2014). De même, le Tout-venant, avec son fort caractère aléatoire, issu de l'origine de la graine, ne peut non plus être retenu (Goncalves *et al.*, 1994). Le clone PB 235 *ill* est donc le porte-greffe clonal à promouvoir pour seconder et/ou se substituer au clone GT 1 *ill*.

IX.1.7. Conclusion partielle

L'expérimentation réalisée a permis essentiellement d'identifier, des porte-greffes, substituts clonaux ou tout-venant du clone GT 1 *ill*, réputé bon porte-greffe ou porte-greffe de référence.

Nos travaux ont montré que le peuplement d'hévéas, pour toutes les interactions entre porte-greffes et greffons a été ≥ 85 %, six ans après plantation. Le rendement en gramme par arbre et par saignée ($\text{g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$) et son gramme par arbre et par année ($\text{g.a}^{-1}.\text{an}^{-1}$) du PB 235 *ill*, sont supérieurs ou égaux à ceux des autres porte-greffes GT 1 *ill*, PB 260 *ill* et Tout venant. Nos résultats ont montré que tous les porte-greffes et Tout venant ont été statistiquement équivalents relativement, au peuplement d'hévéas saignables, à la production en caoutchouc, à la croissance végétative radiale, au profil physiologique et à la sensibilité à l'encoche sèche.

CHAPITRE X: EFFET DE LA DATE DE PLANTATION SUR LES PARAMÈTRES AGRONOMIQUES, PHYSIOLOGIQUES ET SANITAIRES DU CLONE GT 1 DE *HEVEA BRASILIENSIS*

X. Variation des paramètres climatiques

X.1. Pluviométrie mensuelle

Dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire, les moyennes pluviométriques mensuelles ont permis de distinguer trois types de période durant les années 1991 et 1992 (Figures 27 et 28):

-pour la période à faible pluviométrie (hauteur moyenne mensuelle inférieure à 100 mm), il s'agit des mois de décembre, janvier, février et mars. Ces mois marquent la grande saison sèche dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. La hauteur mensuelle maximale pour chacun de ces mois n'atteint pas les 60 mm. Les mois d'août et de septembre ont également été des mois à faible hauteur de pluie dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire.

-pour ce qui concerne la période à pluviométrie intermédiaire (hauteur moyenne mensuelle entre 100 à 200 mm), avril a été un mois intermédiaire qui annonce généralement l'arrivée de la grande saison pluvieuse. Au cours de ce mois, le nombre de jours de pluie a connu une hausse, comparativement aux mois précédents. Les mois d'octobre et de novembre sont comptés également parmi les mois de pluviométrie modérée. Cette période de l'année correspond à l'installation de la deuxième saison des pluies (ou petite saison des pluies) dans le sud-ouest ivoirien.

Concernant la période de forte pluviométrie (hauteur moyenne mensuelle entre 200 et 600 mm), les mois de mai et de juin, ont été les plus pluvieux de l'année en région du sud-ouest ivoirienne. Les hauteurs de pluie les plus importantes ont été enregistrées au mois de juin avec des valeurs excédant 350 mm. Le caractère très pluvieux de ces deux mois, ainsi que l'étendue de la période, comparativement à la saison pluvieuse d'octobre et de novembre, permettent de qualifier cette première saison pluvieuse de " grande saison pluvieuse".

X.2. Température mensuelle

Les mois les plus chauds des années 1991 et 1992 ont été ceux de février, mars et avril qui ont connu des températures mensuelles supérieures à 27 °c (Figures 27 et 28). Le sud-ouest de la Côte d'Ivoire a enregistré les températures les plus basses en juillet et en août; celles-ci descendant souvent à 23°C.

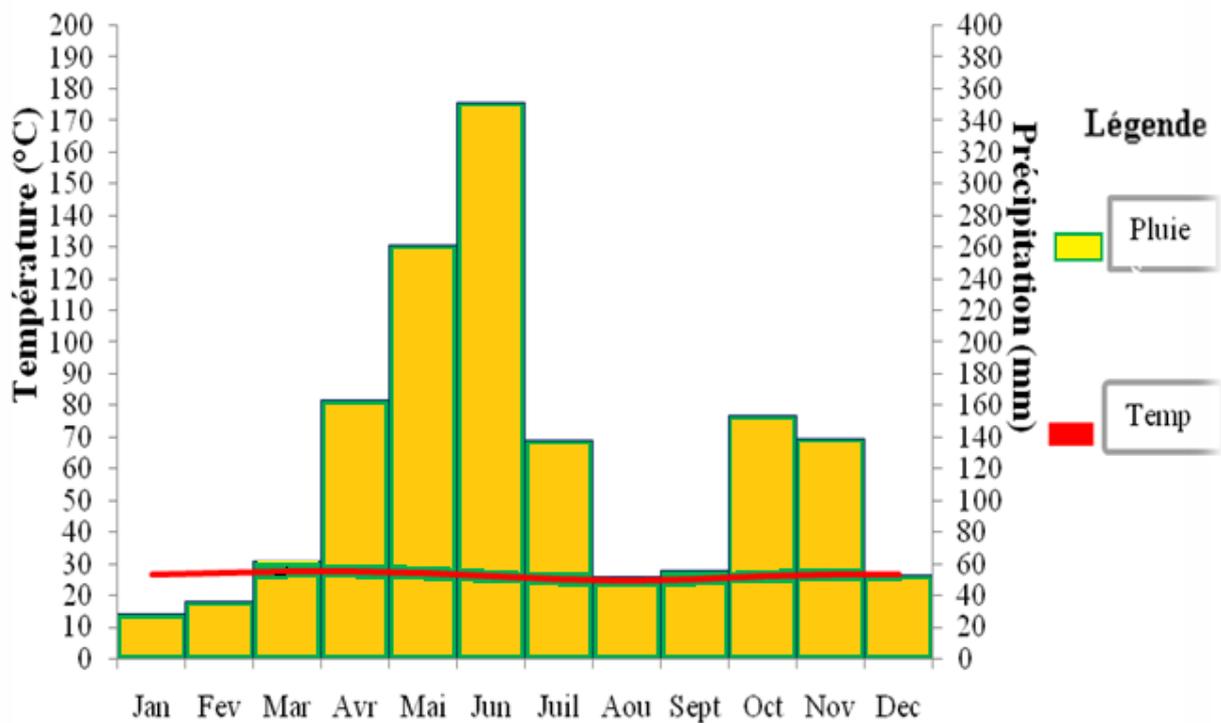


Figure 27: Diagramme ombrothermique de la zone d'étude en 1991 (Source: SODEXAM, 2016)

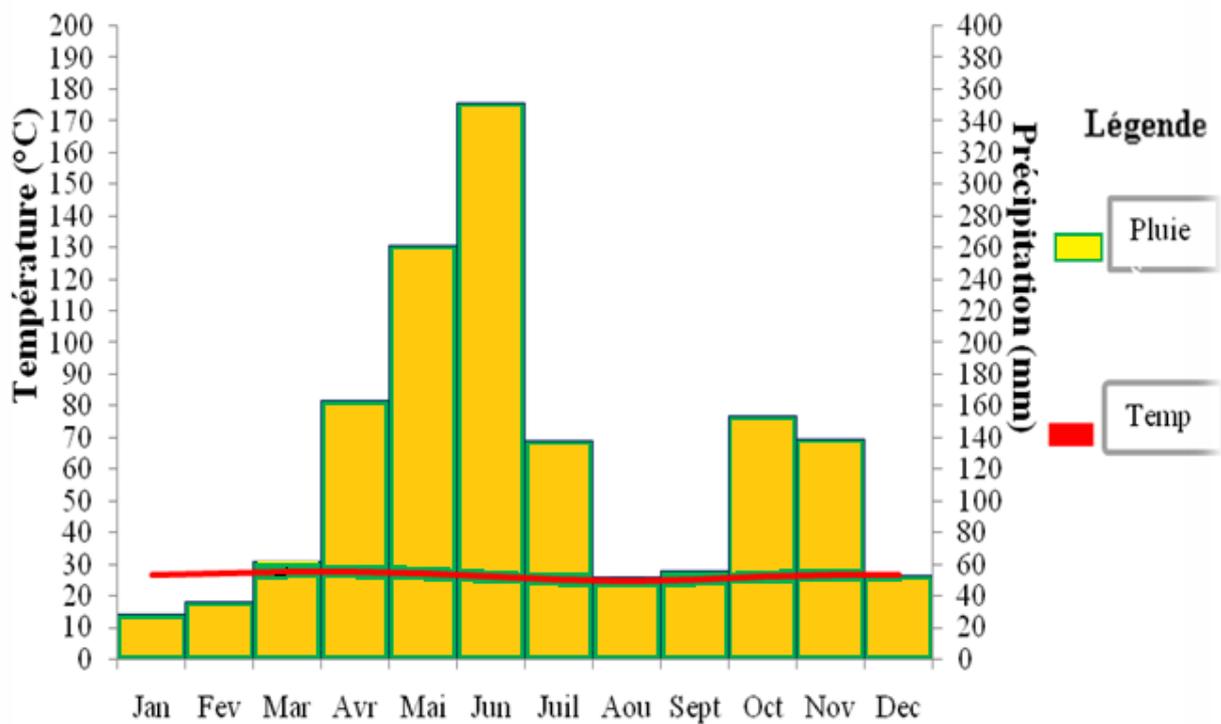


Figure 28: Diagramme ombrothermique de la zone d'étude en 1992 (Source: SODEXAM, 2016)

X.3. Durée d'insolation

En 1991, la durée de l'insolation la plus longue a été observée, aux mois de février, mars, avril et mai, tandis que l'insolation la plus courte a été enregistré d'aout à octobre (Figure 29).

En 1992, la durée de l'insolation la plus longue a été observée, aux mois de janvier, mars, avril, tandis que l'insolation la plus courte a été enregistré d'aout à octobre (Figure 29).

La durée d'insolation a été plus importante au cours des quatre premiers mois des années 1991 et 1992. En effet, plus de 188 heures d'insolation ont été enregistrées pour les mois de janvier, février, mars et avril. C'est en juillet, août, septembre et octobre que l'on a observé la durée d'insolation la plus courte dans l'année (Figure 29).

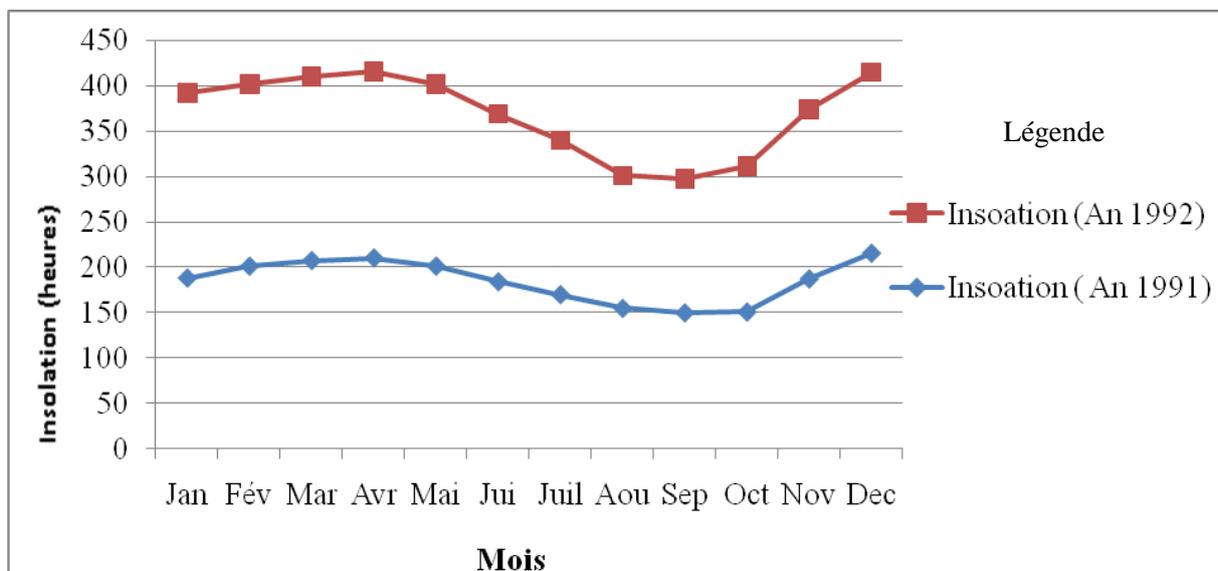


Figure 29: Evolution de l'insolation (heures) dans la zone d'étude en 1991 et en 1992

(Source: SODEXAM, 2016)

X.4. Conditions climatiques et évaluation agronomique

X.4.1. Taux d'arbres vivants

La densité de population d'arbres vivants de l'expérience mise en place en 1991 a été la même pour tous les traitements (Tableau XXII), de la première année (90,9 %) de la saignée des arbres à la fin de l'expérimentation (87,9 %). La date de planting n'a pas eu d'effet ($P > 0,05$) sur les pertes d'arbres (casse ou déracinement).

Concernant l'expérimentation mise en place en 1992, le taux moyen d'arbres présents dans les parcelles a par contre varié ($P < 0,05$) tant à la première année de récolte (86,23 %) de latex qu'à la fin de l'expérimentation (82,63 %) selon la date de plantation (Tableau XXIII). Les parcelles du motif tardif comportent une proportion statistiquement moins importante d'arbres saignables par rapport aux deux autres traitements (précoce et normal).

Tableau XXI: Peuplement du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation (Expérience mise en place en 1991), après neuf années de saignée

arbres vivants (%)		
Dates de plantation	Début (6 ans après plantation)	Fin (après 9 ans de saignée)
Précoce (22/05/91)	90,4 ± 0,35 a	88,6 ± 0,29 a
Normal (té; 29/06/91)	91,3 ± 0,21 a	88,8 ± 0,27 a
Tardif (02/09/91)	91,0 ± 0,31 a	86,3 ± 0,45 a
P (5 %)	0,065	0,05

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Arbres vivants:** Arbres vivants exprimés en pourcentage. Si la **probabilité** $\leq 0,05$ alors la différence est significative; Si la **probabilité** $\geq 0,05$ alors la différence n'est pas significative. **Précoce:** Moment de planting précoce (Mai); **Normal:** Moment de planting normal (Juin); **Tardif:** Moment de planting tardif (Septembre).

Tableau XXII: Peuplement du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation (Expérience mise en place en 1992), après neuf années de saignée

arbres vivants (%)		
Dates de plantation	Début (6 ans après plantation)	Fin (après 9 ans de saignée)
Précoce (22/04/92)	87,1 ± 0,23 a	84,3 ± 0,25 a
Normal (té, 17/06/92)	88,9 ± 0,26 a	83,2 ± 0,19 a
Tardif (15/10/92)	82,7 ± 0,28 b	80,4 ± 0,18 b
P (5 %)	0,015	0,003

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Arbres vivants:** Arbres vivants exprimés en pourcentage. Si la **probabilité** $\leq 0,05$ alors la différence est significative; Si la **probabilité** $\geq 0,05$ alors la différence n'est pas significative. **Précoce:** Moment de planting précoce (Avril); **Normal:** Moment de planting normal (Juin); **Tardif:** Moment de planting tardif (Octobre).

X.4.2. Production de caoutchouc et croissance végétative

X.4.2.1. Evolution de la production moyenne annuelle après neuf années de saignée

La production moyenne annuelle exprimée en kilogramme par hectare et par année ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$) de caoutchouc du clone GT 1 de l'expérimentation mise en place en 1991, a globalement indiqué une hausse rapide de la première à la quatrième année d'expérience, avant de connaître une baisse à la cinquième année et à la huitième année d'exploitation, pour l'ensemble des arbres des différents traitements (précoce; normal et tardif) (Figure 30).

Concernant l'expérience mise en place en 1992, les dates de plantation ont eu une incidence significative sur la production des parcelles du clone GT 1 à la mise en saignée et à la fin de l'expérimentation. La production moyenne annuelle exprimée en kilogramme par hectare et par année ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$) de caoutchouc du clone GT 1, a globalement indiqué une hausse rapide de la première année à la deuxième année de l'ensemble des traitements (précoce; normal et tardif) (Figure 31). Toutefois, une baisse du rendement a été notée 3^e; 5^e; 8^e années avant de connaître à nouveau une hausse de production jusqu' à la fin de l'expérimentation (Figure 31).

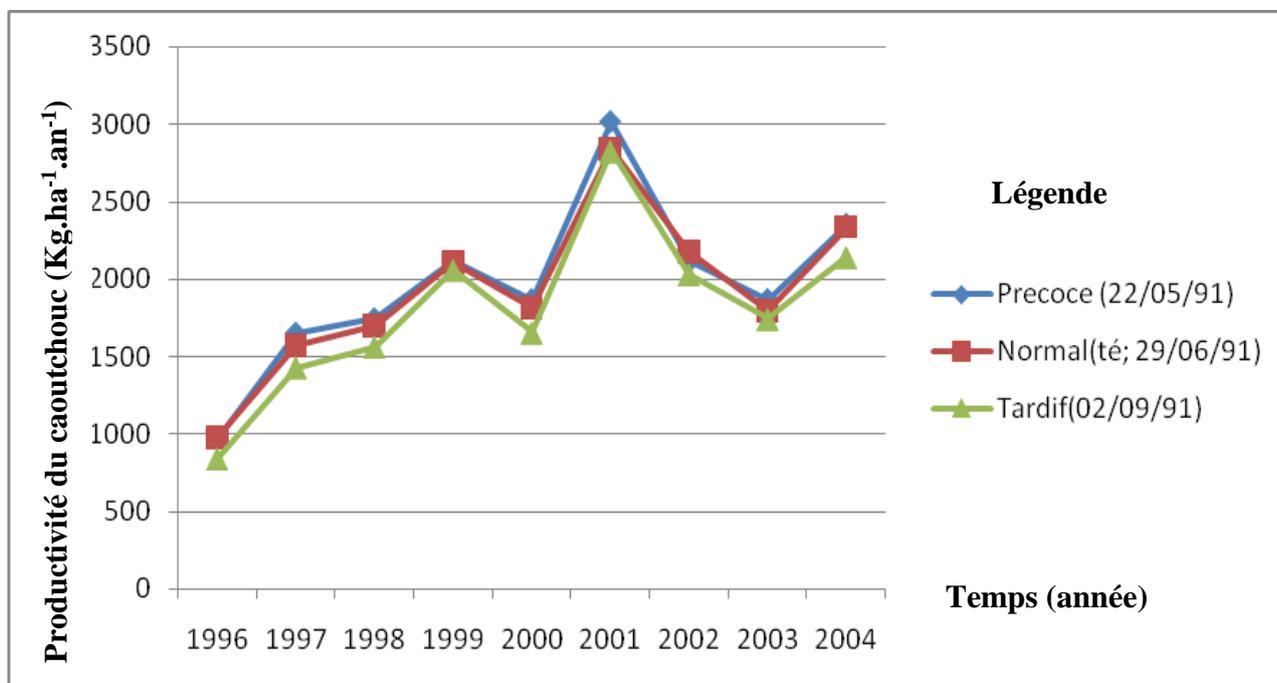


Figure 30: Evolution de la productivité à l'hectare de caoutchouc du clone GT 1 de l'hévéa sur neuf ans de saignée: (expérience mise en place en 1991)

Précoce: Moment de planting précoce (Avril); **Normal:** Moment de planting normal (Juin); **Tardif:** Moment de planting tardif (Octobre).

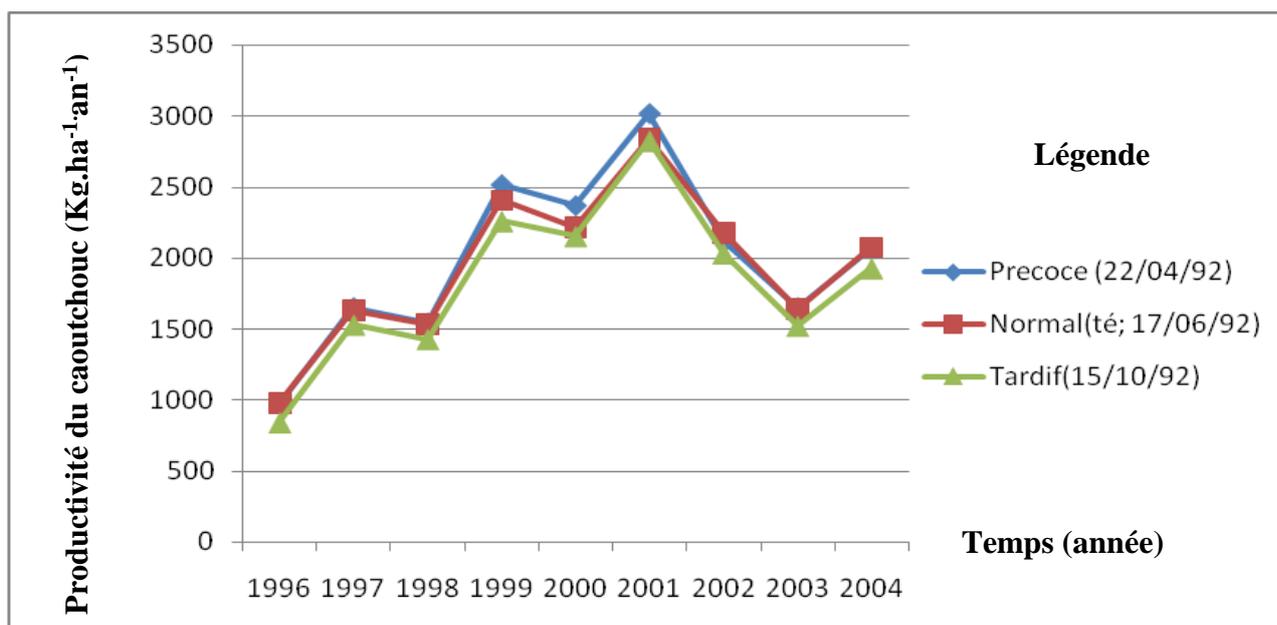


Figure 31: Evolution de la productivité à l’hectare de caoutchouc du clone GT 1 de l’hévéa sur neuf ans de saignée: (expérience mise en place en 1992)

Précoce: Moment de planting précoce (Mai); **Normal:** Moment de planting normal (Juin); **Tardif:** Moment de planting tardif (Septembre).

X.4.2.2. Production à l’arbre et par saignée ($\text{g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$)

Dans l’expérience mise en place en 1991, la production moyenne de caoutchouc ($\text{g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$) par arbre et par saignée du clone GT 1 a été significativement influencée ($P = 0,0015$) par la date de plantation après neuf années de saignée (Tableau XXIV). En effet, le traitement tardif avec une production de 53,78 g, a significativement produit moins de caoutchouc que le motif précoce (56,04 g). Sa productivité en caoutchouc a été cependant statistiquement identique à celle du traitement normal (témoin; 53,92 $\text{g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$).

Concernant l’expérience mise en place en 1992, la production moyenne de caoutchouc par l’arbre et par saignée ($\text{g.a}^{-1}.\text{s}^{-1}$), toutes parcelles confondues, a atteint 58,63 g. La saignée des arbres plantés à la période normale a permis d’obtenir la même production de caoutchouc que celles des arbres plantés précocement et tardivement (Tableau XXV). De façon globale, la production moyenne de caoutchouc par arbre et par saignée des expériences mises en place en 1991 (54,58 g) et 1992 (58,63 g), n’a pas connu une forte variation d’une année à l’autre.

X.4.2.3. Production de caoutchouc par l'arbre et par année (g.a⁻¹.an⁻¹)

Au terme de l'expérimentation mise en place en 1991, la production a varié ($P = 0,02$) d'une date à l'autre (Tableau XXIV). En effet, les productions ont fluctué de 4383 à 4645 g.a⁻¹.an⁻¹. La production du traitement «planting précoce» (4645 g.a⁻¹.an⁻¹), a statistiquement été identique à celle traitement du «planting normal» (témoin; 4600 g.a⁻¹.an⁻¹). Ces valeurs ont été significativement supérieures à celles du traitement «planting tardif» (4383 g.a⁻¹.an⁻¹).

En ce qui concerne l'expérimentation mise en place en 1992, les parcelles des planting précoce et normal ont présenté des productions identiques. Mais significativement plus élevées que celle du «planting tardif» (Tableau XXV).

X.4.2.4. Production à l'hectare

Relativement à l'expérience de 1991, la production moyenne annuelle de caoutchouc par hectare a été significativement influencée ($P = 0,01$) par la période de planting (Tableau XXIV). En effet, la productivité des arbres plantés tardivement a été statistiquement plus faible (1970 kg.ha⁻¹) que celle des autres traitements qui, ont obtenu des productions statistiquement identiques.

Pour ce qui est de l'expérience 1992, la période de planting a significativement influencé ($P = 0,003$) le rendement des arbres (Tableau XXV). Les hévéas plantés en période normale (témoin; 2026 kg) ont, en effet, produit plus que ceux plantés tardivement (1879 kg) et leur rendement a été statistiquement équivalent à celui des arbres plantés précocement (2025 kg).

Quelle que soit la date de mise en place des parcelles, la production en gramme par arbre et par année d'une part et la production de caoutchouc en kilogramme par hectare et par année d'autre part, ont été statistiquement identiques pour les traitements précoce et normal. Les valeurs obtenues avec ces traitements ont été significativement supérieures à celle du traitement tardif.

X.4.2.5. Croissance végétative en épaisseur du tronc

L'accroissement moyen annuel de circonférence (cm.an⁻¹) des arbres de l'expérimentation mise en place en 1991 a significativement été influencé ($P = 0,01$) par le moment de plantation (Tableau XXVI). La valeur de l'accroissement annuel de circonférence du traitement témoin (normal; 2,46 cm.an⁻¹) a été statistiquement identique à celle du traitement

planting précoce (2,49 cm.an⁻¹) et significativement supérieure à celle du traitement planting tardif (2,37 cm.an⁻¹).

En ce qui concerne l'expérimentation mise en place en 1992, l'accroissement moyen annuel de circonférence des arbres du clone GT 1 a été significativement influencé (P =0,002) par la date de plantation, après neuf années d'expérimentation (Tableau XXVI). Les arbres plantés précocement ont eu un accroissement annuel de circonférence (2,43 cm.an⁻¹) statistiquement supérieur à celui des arbres plantés tardivement (2,03 cm.an⁻¹) et ont été significativement équivalent au traitement normal (témoin; 2,37 cm.an⁻¹).

Quelle que soit l'expérience, le niveau d'accroissement moyen annuel de circonférence des arbres ont montré que les hévéas plantés tardivement ont été affecté négativement par la période de plantation et non par l'année de planting (l'an 1991 et 1992).

Tableau XXIII: Production moyenne de caoutchouc des arbres du clone GT 1 à différentes dates de planting après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1991

Dates de plantation	Prod (g.a ⁻¹ .s ⁻¹)	Prod (g.a ⁻¹ .an ⁻¹)	Prod (kg.ha ⁻¹ .an ⁻¹)
Précoce (22/05/91)	56,04 ± 4,2 a	4645 ± 949 a	2108 ± 799 a
Normal (té; 29/06/91)	53,92 ± 6,1 b	4600 ± 940 a	2099 ± 796 a
Tardif (02/09/91)	53,78 ± 5,9 b	4383 ± 896 b	1970 ± 747 b
Moyenne	54,58 ± 5,4	4543 ± 928	2059 ± 781
P (5 %)	0,0015	0,02	0,001

Une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). Prod: g.a⁻¹.s⁻¹:gramme par arbre par saignée; Prod: g.a⁻¹.an⁻¹: gramme par arbre par année ; Prod: kg.ha⁻¹.an⁻¹ : kilogramme par hectare par année; **Prod**: production. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Mai); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Septembre).

Tableau XXIV: Production moyenne de caoutchouc des arbres du clone GT 1 à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1992

Dates de plantation	Prod (g.a ⁻¹ .s ⁻¹)	Prod (g.a ⁻¹ .an ⁻¹)	Prod (Kg.ha ⁻¹ .an ⁻¹)
Précoce (22/04/92)	57.5 ± 4,1 a	4568 ± 934 a	2025 ± 806 a
Normal (té; 17/06/92)	59.4 ± 4,9 a	4534 ± 927 a	2026 ± 723 a
Tardif (15/10/92)	58.99 ± 3,7 a	4296 ± 878 b	1879 ± 703 b
Moyenne	58,63 ± 4,23	4466 ± 913	1977 ± 744
P (5 %)	0,05	0,04	0,003

Une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %) . Prod: **g.a⁻¹.s⁻¹**: gramme par arbre par saignée ; Prod: **g.a⁻¹.an⁻¹**: gramme par arbre par année ; Prod: **kg.ha⁻¹.an⁻¹**: kilogramme par hectare par année ; **té** : témoin ; **Prod** : production. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Avril); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Octobre).

Tableau XXVI: Accroissement moyen annuel de circonférence des arbres du clone GT 1, à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expériences mises en place en 1991 et 1992

	Dates de plantation					
	Précoce		Normal		Tardif	
	22/05/1991	22/04/1992	29/06/91	17/06/92	02/09/1991	15/10/1992
Accroissement	2,49 ± 1,32 a	2,43 ± 1,28 a	2,46 ± 1,30 a	2,37 ± 1,24 a	2,37 ± 1,25 b	2,03 ± 1,06 b
P (5 %)	0,01	0,002	0,01	0,002	0,01	0,002

Une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). Accr: **cm.an⁻¹**: centimètre par année ; **té** : témoin ; **Prod** : production ; **Accr** : accroissement moyen. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Avril); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Octobre).

X.3. Paramètres physiologiques des arbres

Les paramètres physiologiques des premières et neuvièmes années de récolte de latex des expériences mises en place en 1991 et 1992 n'ont pas été affectés ($P > 0,05$) par la date et l'année de plantation du clone GT 1. Quelle que soit la période de plantation des expériences mises en place en 1991 et 1992 (précoce, normal, tardif), le taux d'extrait sec, a été supérieur à 50 %. En première et neuvième année, il n'a pas statistiquement varié ($P > 0,05$), selon le traitement ou la période de plantation. La teneur moyenne en saccharose du latex du début et de la fin de l'expérimentation ($> 8 \text{ mmol.l}^{-1}$) a été d'un niveau moyen relativement à la valeur de référence

de ce groupe de clones à métabolisme modéré. Quelle que soit les expérimentations mises en place en 1991 et 1992,relativement à la date de plantation (traitement), la teneur moyenne annuelle en saccharose du latex n'a pas significativement varié ($P>0,05$).

La teneur moyenne annuelle en phosphore inorganique du latex (mmol.l^{-1}) de l'expérimentation a été élevé (>20). Globalement, quel que soit l'expérience, la teneur moyenne annuelle en Pi du latex n'a pas distingué ($P>0,05$) les dates de plantation des hévéas.

La teneur moyenne annuelle en groupements thiols du latex (mmol.l^{-1}) a été moyenne ($>0,60$) en premières et neuvièmes années de saignée expérimentale (Tableaux XXVII, XXVIII, XXIX et XXX).

Tableau XXVII: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après une année de récolte de latex: Expérience mise en place en 1991

Dates de plantation	Ex.S (%)	Sacc (mmol.l^{-1})	Pi (mmol.l^{-1})	R-sh (mmol.l^{-1})
Précoce (22/05/91)	50,58 ± 3,20 a	9,9 ± 2,53 a	19,2 ± 4,13 a	0,63 ± 0,15 a
Normal (té; 29/06/91)	50,85 ± 2,13 a	10,3 ± 2,16 a	24,5 ± 3,12 a	0,62 ± 0,16 a
Tardif (02/09/91)	50,51 ± 3,17 a	9,6 ± 2.16 a	22,27 ± 3,65 a	0,60 ± 0,21 a
Moyenne	50,65 ± 2,83	9,93 ± 2,28	21,99 ± 3,63	0,62 ± 0,17
P (5 %)	0,051	0,09	0,061	0,59

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sac (mmol.l^{-1})**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l^{-1})**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; **R-sh (mmol.l^{-1})**: teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. . Si la **probabilité** $\leq 0,05$ alors la différence est significative; Si la **probabilité** $\geq 0,05$ alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Mai); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Septembre).

Tableau XXVIII: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1991

Dates de plantation	Ex.S (%)	Sacc (mmol.l ⁻¹)	Pi (mmol.l ⁻¹)	R-sh (mmol.l ⁻¹)
Précoce (22/05/91)	52,58 ± 4,27 a	9,15 ± 2,83 a	20,25 ± 4,23 a	0,65 ± 0,17 a
Normal (té; 29/06/91)	52,7 ± 4,29 a	10,17 ± 3,15 a	24,99 ± 5,22 a	0,66 ± 0,16 a
Tardif (02/09/91)	51,8 ± 4,26 a	9,90 ± 3,06 a	23,40 ± 4,65 a	0,63 ± 0,16 a
Moyenne	52,36 ± 4,27	9,74 ± 3,01	22,88 ± 4,7	0,65 ± 0,16
P (5 %)	0,9	0,059	0,075	0,070

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sacc (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; **R-sh (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. . Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Mai); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Septembre).

Tableau XXIX: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après une année de récolte de latex: Expérience mise en place en 1992

Dates de plantation	Ex.S (%)	Sacc (mmol.l ⁻¹)	Pi (mmol.l ⁻¹)	R-sh (mmol.l ⁻¹)
Précoce (22/04/92)	48,7 ± 3,25 a	7,5 ± 0,52 a	19,3 ± 4,43 a	0,59 ± 0,11 a
Normal (té; 17/06/92)	51,2 ± 2,45 a	8,0 ± 1,74 a	24,9 ± 4,99 a	0,61 ± 0,09 a
Tardif (15/10/92)	50,0 ± 3,43 a	7,7 ± 2,04 a	23,0 ± 4,60 a	0,64 ± 0,15 a
Moyenne	49,96 ± 3,04	7,73 ± 1,43	22,4 ± 4,67	0,61 ± 0,12
P (5 %)	0,064	0,073	0,055	0,051

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sacc (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre; **R-sh (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en groupements thiols du latex exprimée en millimole par litre. ; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Avril); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Octobre).

Tableau XXVIII: Profil physiologique des arbres du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de récolte de latex: Expérience mise en place en 1992

Dates de plantation	Ex.S (%)	Sacc (mmol.l ⁻¹)	Pi (mmol.l ⁻¹)	R-sh (mmol.l ⁻¹)
Précoce (22/04/92)	52,80 ± 4,45 a	8,15 ± 2,52 a	21,2 ± 4,43 a	0,62 ± 0,16 a
Normal (té; 17/06/92)	52,85 ± 4,45 a	8,85 ± 2,74 a	23,88 ± 4,99 a	0,66 ± 0,17 a
Tardif (15/10/92)	51,52 ± 4,43 a	7,87 ± 2,44 a	22,02 ± 4,60 a	0,67 ± 0,17 a
Moyenne	52,39 ± 4,44	8,29 ± 2,57	22,36 ± 4,67	0,65 ± 0,17
P (5 %)	0,059	0,81	0,076	0,061

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **Ex.S (%)**: taux moyen d'extrait sec du latex exprimé en pourcentage; **Sac (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en saccharose du latex exprimée en millimole par litre; **Pi (mmol.l⁻¹)**: teneur moyenne en phosphore inorganique du latex exprimée en millimole par litre.; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Avril); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Octobre).

X.2.5. Sensibilité à l'encoche sèche des arbres

Les taux de longueur d'encoche malade n'ont pas été influencés ($P > 0,05$) par la date et l'année de plantation (Tableaux XXXI et XXXII).

Tableau XXIXI: Pourcentage d'encoche sèche du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de saignée: Expérience mise en place en 1991

Dates de plantation	LEM (%)
Précoce (22/05/91)	1,70 ± 1,3 a
Normal (té; 29/06/91)	1,62 ± 1,24 a
Tardif (02/09/91)	1,93 ± 1,48 a
P (5 %)	0,064

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newmann-Keuls à 5 %). **LEM (%)**: longueur d'encoche malade exprimée en pourcentage. Si la **probabilité** ≤ 0,05 alors la différence est significative; Si la **probabilité** ≥ 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Mai); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Septembre).

Tableau XXXI: Pourcentage d'encoche sèche du clone GT 1 soumis à différentes dates de plantation après neuf années de récolte de latex: (Expérience mise en place en 1992)

Dates de plantation	LEM (%)
Précoce (22/04/92)	2,89 ± 2,22 a
Normal (té; 17/06/92)	3,03 ± 2,33 a
Tardif (15/10/92)	3,29 ± 2,53 a
P (5 %)	0,053

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Newman-Keuls à 5 %). **LEM (%)**: longueur d'encoche malade exprimée en pourcentage; Si la **probabilité** \geq 0,05 alors la différence n'est pas significative. **Précoce**: Moment de planting précoce (Avril); **Normal**: Moment de planting normal (Juin); **Tardif**: Moment de planting tardif (Octobre).

X.2.6. Discussion

Le comportement des arbres du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis* a été influencé par la période de plantation. Les arbres plantés précocement et à la période normale de l'année ont eu des valeurs de taux d'arbres vivants, de productivité en caoutchouc et de croissance végétative radiale élevées par rapport à celles des arbres plantés tardivement. Le retard accusé, de 6 mois relativement au planting précoce ou normale, du planting tardif n'a pu être rattrapé puisque les arbres plantés précocement et ceux plantés à la période normale ont été mis en saignée 6 mois plus tôt que ceux du planting tardif. Comme les arbres du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis* ne sont pas plantés à la même date (précoce, normale et tardive) et présentent des comportements agronomiques différents, nous interprétons leur comportement comme une réponse aux variations saisonnières des facteurs de l'environnement, notamment climatiques, comme l'ont remarqué Gnanglè *et al.* (2011). Selon ces auteurs, la hauteur d'eau annuelle et la répartition des pluies sont d'une grande importance en hévéaculture. Certaines conditions pluviométriques sont indispensables pour que les arbres assurent une croissance végétative suffisante et une production de caoutchouc convenable (Ndoutoumou *et al.*, 2017). L'effet négatif de la faible pluviométrie et sa répartition sur le site d'expérimentation portant sur le clone GT 1, ont corroboré les résultats des travaux de Pautasso *et al.* (2010). Ces auteurs ont prouvé que les périodes sèches ont l'inconvénient de ralentir la croissance végétative. Elles posent également certains problèmes au cours de l'année de plantation, les plants mis en place en plein champ doivent avoir développé un enracinement suffisant avant de subir une éventuelle sécheresse (Compagnon, 1986). En effet, la production de matière sèche des plantes a été corrélée à l'état hydrique de la plante (Ndoutoumou *et al.*, 2016). Les résultats des neuf années d'expérimentation ont indiqué que la Longueur d'Encoche Malade (LEM) et le profil physiologique ne sont significativement pas influencés par la période et l'année de plantation.

Par ailleurs, le facteur eau à lui seul ne saurait expliquer le niveau de rendement des plants des traitements tardifs des expériences mises en place en 1991 et 1992, qui ont bénéficié de la petite saison des pluies, de septembre à octobre. Le faible ensoleillement d'août à octobre et la basse température au cours de la même période auraient perturbé le développement végétatif des plants de ces périodes (02 septembre et 15 octobre). Ces résultats concordent ceux des travaux de Compagnon, (1986) qui a montré qu'une diminution de l'insolation est une cause de la chute du rendement moyen de l'hévéa en Malaisie et en Côte d'Ivoire. Le manque

d'ensoleillement a pour effet, la réduction de l'activité photosynthétique, ce qui induit une faible accumulation de matière sèche (faible émergence de la partie aérienne végétative), cela confirme les observations de Way & Oren, (2010).

X.2.7. Conclusion partielle

Il ressort de cette étude, qu'il existe des fluctuations interannuelles des rendements de l'hévéa et des variations interannuelles de chaque variable climatique considérée. En effet, la température, la pluviométrie, et l'insolation prises individuellement expliquent, à des degrés divers les variations de rendements et croissance végétative du clone étudié. Il apparaît donc évident que les variables climatiques et leurs fluctuations interannuelles ont des effets variés sur le comportement agronomique de l'hévéa. Quelle que soit l'expérience, le niveau d'accroissement annuel de circonférence et la productivité en caoutchouc enregistré atteste de ce que les hévéas plantés tardivement ont été affecté négativement par le moment de plantation et non par l'année de planting (l'an 1991 et 1992). Le moment convenable d'établissement des plantations correspondant à la période d'avril et mai (période précoce) et mois de juin (période normale).

**CONCLUSION
GENERALE ET
PERSPECTIVES**

CONCLUSION GENERALE

Les résultats obtenus, au terme de l'étude sur l'effet de différentes techniques culturales sur les paramètres agrophysiologiques et sanitaires de l'hévéa au sud-ouest de la Côte d'Ivoire, ont permis de faire les conclusions ci-après.

Effet de différents précédents culturaux et modes de préparation de terrain sur les paramètres agronomiques, physiologiques, sanitaires et économiques du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*:

L'étude comparative de l'effet de différents modes de préparation de terrain, sur les paramètres agrophysiologiques et sanitaires de l'hévéa du clone GT 1 (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg), a montré que le taux d'arbres présents dans les parcelles était d'un bon niveau et avait varié avec le mode de préparation de terrain. La croissance végétative en saignée, le rendement en caoutchouc et le taux de perte d'arbres dû au pourridié des racines causé par le genre *Fomes* ont été influencés par le mode de préparation de terrain. Malgré la bonne productivité, l'état physiologique des hévéas a été bon, caractérisé par un profil physiologique bien équilibré et un faible taux d'encoche sèche, indépendamment des traitements. Les résultats agroéconomiques ont montré que la jachère préparée mécaniquement (813641 FCFA.ha⁻¹.an⁻¹) a été le meilleur précédent cultural et le mode de préparation de terrain approprié.

Effet du dispositif et de la densité de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*:

L'influence de la densité et du dispositif de plantation sur la croissance végétative radiale et la production du clone GT 1, a permis de mieux orienter les bénéficiaires du milieu non industriel vers une combinaison convenable (dispositif-densité de planting). L'étude a révélé que la croissance végétative en saignée (2,69 cm.an⁻¹) et le rendement annuel (1926 kg.ha⁻¹.an⁻¹) ont été influencés par la densité de plantation à la différence du dispositif de planting. Bien que la productivité soit d'un bon niveau, l'état physiologique des hévéas est resté bon, caractérisé par un profil physiologique bien équilibré indépendamment du dispositif, de la densité de planting et du temps de récolte du latex. La densité et le dispositif de plantation convenables ont été déterminés par la combinaison «dispositif en lignes séparées de 6 m / 650 a/ha».

Effet de porte-greffes clonaux sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires des clones PB 217, GT 1, PB 235 et PB 260 de *Hevea brasiliensis*:

L'étude des comportements en champ des clones (GT 1; PB 235; PB 260 et PB 217) combinée aux porte-greffes (GT 1 *ill*; PB 235 *ill*; PB 260 *ill* et Tout venant), a permis de montrer que le taux d'arbres présents dans les parcelles, la croissance végétative en saignée, le rendement en caoutchouc et le taux d'encoche sèche ont été influencés par le traitement. Malgré, une importante productivité en caoutchouc, l'état physiologique des hévéas est resté bon par son profil physiologique bien équilibré, indépendamment des combinaisons entre porte-greffes et greffons des hévéas. Ainsi, nous proposons, que le porte-greffe PB 235 *ill* soit vulgarisé pour être substituée au porte-greffe GT 1 *ill*.

Effet de la date de plantation sur les paramètres agronomiques, physiologiques et sanitaires du clone GT 1 de *Hevea brasiliensis*:

Certains facteurs climatiques ont eu une influence directe sur les caractères agronomiques des hévéas dans la zone d'expérimentation. En effet, la température, la pluviométrie, et l'insolation prises individuellement ont expliqué, à des degrés divers les fluctuations de rendements du clone étudié. Le comportement du clone GT 1 d'hévéa, en fonction des périodes de planting, a révélé que le taux d'arbres présents des parcelles, la croissance végétative en saignée et le rendement annuel ont été bons et influencés par l'évolution de certains facteurs climatiques. La bonne productivité en caoutchouc, le profil physiologique est demeuré bon avec un faible taux de LEM, indépendamment de la période de plantation. Le moment convenable d'établissement des plantations est le planting aux période précoce (avril et mai) et normal (juin).

Au terme des travaux ainsi réalisés dans la localité de San-pédro au sud-ouest de la Côte d'Ivoire, les deux hypothèses formulées ont été vérifiées. Il s'agit de:

- les différentes techniques culturales ont un effet sur la productivité en caoutchouc des clones de *Hevea brasiliensis*;
- les différentes techniques culturales ont un effet sur la croissance végétative des arbres de *Hevea brasiliensis*.

Par conséquent, l'objectif général qui visant à vulgariser un ensemble de techniques culturales qui pouvant permettre une bonne productivité de plantations d'hévéas, a été atteint.

Composante retenue comme itinéraire technique

Au vu des résultats obtenus nous proposons le schéma d'itinéraire technique à diffuser:

- la jachère préparée mécaniquement;
- le planting en lignes séparées de 6 m/650 a/ha;
- PB 235 *ill* comme meilleur porte-greffe,
- le planting précoce (avril, mai) et normale (juin).

PERSPECTIVES

Les résultats qui ont été présentés ici bien que dressant le bilan de neuf années d'évaluation en champ de plants d'hévéa issus du greffage, méritent toujours d'être approfondis. Ils doivent servir de base dans l'orientation des futures études, afin d'optimiser la gestion de ce type de matériel végétal, pour l'amélioration de la productivité en hévéaculture, au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Au vu de ceux-ci, les recommandations suivantes peuvent être faites:

- faire des tests de comparaison multilocaux afin d'évaluer le comportement agro-physiologique et sanitaire relativement à l'ensemble des porte-greffes de *Hevea brasiliensis* disponible dans la collection du CNRA en Côte d'Ivoire.
- mettre en place une expérimentation multilocale de différents dispositifs et densités de plantation concernant l'ensemble des clones de *Hevea brasiliensis* sur divers types de sols, permettant la prise en compte des variabilités pédoclimatiques, afin de permettre une validation rapide et fiable des résultats.
- l'engouement des opérateurs à la mise en valeur de la zone ouest de la Côte d'Ivoire (lors des visites de terrain initiées par le CNRA), pourrait relancer la rentabilité de l'hévéaculture puisque les rendements seraient compétitifs à l'instar de ceux observés en Malaisie et en Indonésie en Asie du sud-est.
- les travaux de recherche futures devront être menées à l'aide de données climatiques et de production complètes sur une durée excédant deux décades.
- Cette étude pourrait se poursuivre par l'élaboration de modèles multivariés qui traduiraient au mieux les effets des différentes variables climatiques sur les paramètres agronomiques de la culture.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Abraham P.D. & Taylor R.S., (1967). Stimulation of latex flow in *Hevea brasiliensis*, *Agriculture.*, 3: 1 – 12.
- Adiko A & Gnonhoury P.C (1997). Influence des jachères à légumineuses pérennes sur la nématofaune dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire. In: Actes de l'Atelier–Jachère et maintien de la fertilité. (Bamako 2-4 Octobre 1997)-Projet 7 ACP RPR 269. Amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest 146 p.
- Adiwilaga K., & Kush A., (1996). Cloning and characterization of a DNA encoding farnesyl diphosphate synthase from rubber tree (*Hevea brasiliensis*). *Agronomie Africaine.* 30: 935-946.
- 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). Evaluation de quelques caractéristiques dendrométriques de trois clones d'*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (PR 107, PB 86, GT 1). *Agronomie Africaine.*, 23 (3): 227-236.
- Alhassane A., Traoré S.B., & Mendes O., (2015). Impact du changement climatique sur la production des céréales pluviales dans les sites pilotes du projet ACCIC au Niger, Mali et Burkina Faso. Rapport interne Agrhymet, 30 p.
- D'auzac J. (D') & Ribailly D., (1989). L'éthylène, un nouvel agent stimulant de la production de latex chez *Hevea brasiliensis*. *Journal Rubber Research*, 18(2): 23–48.
- APROMAC, (2019). Production de caoutchouc en Côte d'Ivoire. www.apromac.ci. Consulté le 15 janvier 2019.
- Ashwell G., (1957). Colorimetric analysis of sugar. *Methodes. Enzymol.*, 3: 73-105.
- Atsin G.J.O., Soumahin E.F., Kouakou H.T., Coulibaly L.F., Traore S.M., Alle J.Y., N'guessan A.E.B., Kouame C. & Obouayeba S., (2013). Impact of reduced tapping frequency on agronomic, physiological and biochemical aspects of clone PB 260 of *Hevea brasiliensis* in the Centre West of Côte D'Ivoire. *Journal Rubber Research*, 17(1): 45–56.
- Atsin G. J. O., (2017). Contribution à la mise au point de systèmes de récolte du latex sans stimulation hormonale chez les clones d'hévéa (*Hevea Brasiliensis* MUELL. ARG. (EUPHORBIACEAE) de la classe d'activité métabolique rapide cultivés au sud-

- ouest de la Côte D'Ivoire. Thèse Université Nangui Abrogoua, UFR Science de la Nature, Côte d'Ivoire, 164 p.
- Barthe P., Pujade V., Breton F., Gargani D., Thai R., Roumestand C. & De lamotte F., (2007). Structural analysis of cassiicolin, a host-selective protein toxin from *Corynespora cassiicola*. *Journal Molecular. Biology*, 367 (1), 89-101.
- Boa, D. (1989): Caractérisation, propriétés hydrodynamiques, contraintes et potentialités des sols gravillonnaires: cas de Booro-Borotou (Région de Touba, Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Thèse de Docteur-Ingénieur Agronome, Université d'Abidjan, 135p.*
- Bobilioff W., (1923). Anatomy and physiology of *Hevea brasiliensis*. *Zurich Art Institut., Orell Füssli. Part I, 141 p.*
- Boyer J.S., 1985. Water transport. *Annal. Revue. Plant Physiol*, 36, 473-516.
- Boyne A. F. & Ellman G. L., (1972). A methodology for analysis of tissue sulphhydrylcomponents. *Plant Physiol*, 46: 639-653.
- Brou Y.T., Servat E. & Pature J.E., (1998). Activités humaines et variabilité climatique: cas du sud forestier ivoirien. *Water Resources Variability in Africa during the XX th Century* (Proceedings of the Abidjan'98 Conference 365 held at Abidjan, Côte d'Ivoire, November 1998). *IAHS*, 252: 365 – 373.
- Brou Y.T., Servat E & Paturel J.E, (2000). Evolution du couvert forestier ivoirien sur la période 1950-1990, en relation avec la variabilité du climat et les activités anthropiques in "Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers tropicaux". *ORSTOM-CNRS-UNESCO*, programme ECOFIT, pp 57-61.
- Brou Y.T., (2005). Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques. Université des Sciences et Technologies de Lille, 332p.
- Brou Y. T., Akindes F & Bigot S., (2005). Climate variability in Côte d'Ivoire: between social perceptions and agricultural responses, *Cahiers Agricultures* vol. 14, No. 6, November-December 2005, pp. 533-540.
- Buttery B.R. & Boatman S.G., (1966). Manometric measurement of turgor pressures in laticiferous phloem tissues. *Plant Physiol*, 17: 283-296.

- Chapuset T., Gnagne M., Legnate H., Koffi E & Demange A., (2000). Les champs des clones à Grande Echelle en Côte d'Ivoire, situation en 1999. Rapport Sea n° 01/2000-A mars 2000, 40-63.
- Chapuset T., (2001). Description des clones étudiés à grande échelle mise à jour mai 2001. Rapport CNRA-HEVEA n 01/ 01 – A, mai 2001, 22-23.
- Chenafi H., Bouzerzour H., Saci A. & Chenafi A., (2008). La pratique des façons culturales sur la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en environnement semi-aride. In Proceedings of the 5th International Conference on Land Degradation. Valenzano, Bari (Italie), 18-22 septembre 2008, pp. 63- 67.
- Chrestin H., (1984). Le compartiment vacuo-lysosomal (les lutoïdes) du latex d'*Hevea brasiliensis*, son rôle dans le maintien de l'homéostasie et dans les processus de sénescence des cellules laticifères. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles., Université des Sciences et Techniques Languedoc, Montpellier, France, 575 p.
- Chrestin H., (1985). La stimulation à l'Ethrel de l'hévéa; jusqu'où ne pas aller trop loin. *Caouthchouc. Plastiques.*, 647/648: 75 – 78.
- CIRAD, (2004). La production de caoutchouc naturel menacée. Reportage. Le caoutchouc naturel, MASSON, M. [www.cirad.fr/ publication/documents /produits trop/1999/ caoutchouc 99.html](http://www.cirad.fr/publication/documents/produits_trop/1999/caoutchouc_99.html). Novembre, 2004.
- Compagnon P., (1986). Le caoutchouc naturel Biologie-Culture-Production. Ed. G.P. Maisonneuve & Larose, Paris, 595p.
- Cornish K., (1993). The separateroles of plant cisandtrans-prenyltransferases in cis-1,4-polyisoprene biosynthesis. *European Scientific Journal*, 218: 267-271.
- Dabhade S.B., (1983). Non edible oils in surface coating paint India, *Tropical. Sciences.*, 10: 18 – 20.
- De padirac R., (1986). L'importance économique et l'avenir du caoutchouc. In: Le caoutchouc naturel, P. Compagnon, 1986. Coste R. ed., G.P.Maisonneuve et Larose, Paris, pp. 15-18.
- Dea B.G., Canh T.V. & Gnagne M.Y., (1995). Comportement de l'hévéa en zones marginales de Côte d'Ivoire. Acte Symposium AISA du 22 au 27 janvier 1995, 17 p.

- Delabarre, M. & Serier, J. B. (1995). L'hévéa. *Technicien d'Agriculture Tropicale (FRA)*, Paris (FRA): Maisonneuve et Larose, 238 p.
- Delabarre, M. & Eschbach, J. M. (2002). Agriculture spéciale. Les plantes à autres usages: les plantes à caoutchouc, dans *Mémento de l'agronome*. Montpellier, CIRAD pp 1185-1197.
- Demange-C.A., Rivano F., Nicolas D., Gnagne M Y & Legnaté H. (1995). In: *Traitements statistiques des essais de sélection : stratégies d'amélioration des plantes pérennes*. CIRAD-CP. Montpellier: CIRAD-CP, 227-242. (Colloques) ISBN 2-87614-197-3.
- Dian K., (1997). Taping panel Dryness Research: List of questions. *Int. Rubber. Research. Development. Board (IRRDB)*, 1p.
- Dian K., Maturin K O., Gnagne M Y., Gabla R O., Dufrene E.S., OCHS R & Saugier B. (2016). Photosynthèse et productivité du palmier à huile en liaison avec les facteurs climatiques. *Oléagineux*, 45 (8-9): 345-355.
- Diarrassouba M., (2013). Contribution à la définition de technologies de récolte du latex adaptées aux clones de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae) des classes d'activité métabolique active, modérée et lente. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 207 p.
- Dick A., Traore M.S., Elabo A., Soumahin E., Evelyne G., Atsin O., Alle J., N'Guessan B., Kouame C & Obouayeba S ,(2014). Effets de différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique sur les paramètres agrophysiologiques et de sensibilité à l'encoche sèche d'*Hevea brasiliensis* au sud-est de la Côte d'Ivoire : cas des clones PB 235 et PB 260 de la classe d'activité métabolique rapide. *Journal Biological Chemical Sciences* 8(3): 956-974, 2014.
- Dickenson P.D., (1964). The ultrastructure of the vessel of *Hevea brasiliensis*. In: *Proc. Natural rubber Production. Research Association Conference*. Mullins L., ed., Maclaren and sons LTD., Londres: 52 – 66.
- Djogbenou P.C. & Tehou A.C., (1998). *Memorandum des techniques de foresteries urbaine et rurale*. Agence beninoise pour l'environnement 45 p.
- Elabo A.A.E., (2009). Recherche de marqueurs biochimiques et protéiques pour la sélection de clones à fort potentiel de production de caoutchouc chez l'hévéa: *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae). Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 129 p.

- Elabo A.A.E., (2016). Techniques culturales de l'hévéa: de la pépinière à la production, 4p.
- Eschbach J.M. & Tonnelier M., (1984). Influence de la méthode de stimulation, de la concentration du stimulant et de la fréquence de son application sur la production du clone GT 1 en Côte d'Ivoire. *C.R. Collection. Exploitation. Physiologie. Amélioration. Hevea*, IRCA-CIRAD, édition., Montpellier, France: pp 295 – 306.
- Eschbach J.M., (1986). Clone GT1. Possibilité de réduction de la fréquence de saignée. *Caoutchouc Plastiques*, 659:165 - 168.
- Faye. E. (2000). Étude de la dynamique des souches ligneuses dans le cycle culture-jachère en zone -soudanienne, mém., Dakar-Bobo-Dioulasso, I.D.R.-I.R.D., 85 p.
- Floret Ch. & Pontanier R. (éd.) (2001). *De la jachère naturelle à la jachère améliorée en Afrique tropicale, Le point des connaissances*, vol. II, Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avr. 1999, Paris, John Libbey, 2 vol., vol. II, 356 p.
- FIRCA, (2008). Manuel du planteur d'hévéa. FIRCA/APROMAC, document interne, 48 p.
- FIRCA, (2013). Production de matériel végétal d'hévéa. FIRCA/APROMAC-Guide du conseiller agricole hévéa Tome 1, document interne, 40 p.
- Gan, L. T. (1989). Some preliminary results of a study on culling of rootstock to improve growth and yield of grafted rubber. *The planter*, 65 (765), 547-553.
- Gener P, (1977). Le greffage de l'hévéa. Influence des stades de poussées foliaires du greffon et du porte-greffe sur la réussite au greffage. *Opuscule technique SA 2/IRCA*, 33 p.
- Gerard M.C., Walter C., Rémy J.C. Berthelin J. & Morel J.L., (2005). Sols et environnement. Ed. Dunod, Paris, 816 p.
- Gidrol X., Chrestin H., Tan H.L & Kush A., (1994). Hevein, a lectinprotein from *Hevea brasiliensis* (rubber tree) isinvolved in the coagulation of latex. *Journal Biological. Chemical*, 269: 9278-9283.
- Gilot, C., Lavelle, Kéli, J., Kouassi, P. & Guillaume, G., (1993). Biological activity of soil under rubber plantations in Côte d'Ivoire. *Rapport DEA, IDEFOR-DPL n 37/93- T*.
- Gnagne Y. M., Koffi E. & Assiri A. A. (1998). Analyse éco-systémique de l'utilisation de l'hévéa dans les zones marginales de Côte d'Ivoire. In: the future of perennial crops. Investment and sustainability in the humid tropic. Proceeding of the conference held at Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 5-9 Novembre 2001.
- Gnagne Y.M., Elabo A.A.E., Obouayeba S., Akanvou R., Wahounou P.J., Soumahoro B., Doumbia A., Koto B., Yao B.J., Assiri M.T & Démange A.C., (2016). Sélection de

nouveaux clones performants d'hévéa en Côte d'Ivoire : résultats préliminaires de l'évaluation des champs de clones à grande échelle (CCGE) de 1974 à 1999. Atelier régional de l'IRRDB, 28-30 septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

- Gnahoua G.M., (1998). Analyse phytoécologique de la flore adventice des cultures post-jachères améliorées en région de forêt semi-décidue de Côte-d'Ivoire, D.E.A., université Aix-Marseille-III, 34p.
- Gnanglè C.P, Glèlè K.R, Assogbadjo A.E, Vodounnon S, Afouda Y.J & Sokpon N. (2011). Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 8: 27-40.
- 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., 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.
- Gonçalves, P.; Martins, A.L.M.; Bortoletto, N.; Ortolani, A.A. & Bermond, G., (1994) Avaliação do vigor de seis diferentes populações de porta-enxertos de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, p.543-552.
- Gonçalves, P. & Martins, A.L.M. (2002). Combining ability effects of clonal rootstocks and scions in rubber trees (*Hevea*). *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 2, p. 445- 452, 2002.
- Goula B.T., Brou Y.T., Konan B., Fadika V & Srohorou B. (2004): Contribution a l'étude des maxima annuelles des pluies journalières de la Côte d'Ivoire: Nouvelle cartographie des pluies extrêmes journalières annuelles. *Sécheresse*, sous presse.
- Halle F. & Martin R., (1968). Etude de la croissance rythmique chez l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Müll. –Arg. Euphorbiacées-Crotonoïdées). *Ed. Ad.*, 2, 8(4): 475 - 503.
- Huttel C. & Reversat J., (1967). Biomasse végétale et productivité primaire de la forêt ivoirienne. *Ecole Application*, 29: 203 – 228.
- Jacob J.L., (1970). Particularités de la glycolyse et de sa régulation au sein du latex de *Hevea brasiliensis*. *Journal of Applied Biosciences*. 3: 395 – 411.
- Jacob J.L., Prévôt J.C. & Kekwick R.G.O., (1988). General metabolism of *Hevea brasiliensis* latex (with the exception of isoprenic anabolism). *Physiology of Rubber*

- Tree Latex*. J. d'Auzac, J.L. Jacob, H. Chrestin, eds., *CRC. Press Inc.*, Boca Raton, Floride, États-Unis, 101 – 144.
- Jacob J.L., Serres E., Prevot J.C., Lacrotte R., Clement- Vidal A., Eschbach J.M. & D'Auzac J.(1988). Mise au point du diagnostic latex. *Agritop*, **12**: 97-118.
- Jacob J.L. & Prévôt J.C., (1989). Bark dryness: Histological, Cytological and Biochemical Aspect. IRRDB. Workshop on tree dryness, 26 – 27 june, Penang, Malaysia: 37 – 54.
- Jacob J.L., D'Auzac J., Prevot J.C. & Serier J.B., (1994). Une usine à caoutchouc naturel : l'hévéa. *La recherche*, 276: 538 - 545.
- Jacob J.L., D'Auzac J., Prevot J.C & Serier J.B., (1995). Une usine à caoutchouc naturel: l'hévéa. *La recherche*, 276: 538- 545.
- Jacob J.L., Prevot J.C., Lacote R., Gohet E., Clement A., Gallois R., Joet T., Pujade-R.V & D'Auzac J., (1998). Les mécanismes biologiques de la production de caoutchouc par *Hevea brasiliensis*. *Recherche Développement*, 5 (1): 5-17.
- Jayasinghe C. K & Fernando T, (2005). *Corynespora* Leaf Fall of Hevea Rubber, the most threatening leaf disease in Asian & African continents 17 p.
- Kannika S., Chot V. & Ssupata M., (1981). Rubber seed oil for paint in thailand. *Journal Natural Country Thailand* 4: 13 – 14.
- Keli J., Omont H. & Hainnaux G. (1991). Comportement de jeunes hévéas dans leur association avec des vivriers en Basse Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* II (2), 77-85.
- Keli, J. Z., Obouayeba, S & Zehi, B (1992). Influence de quelques systèmes vivriers sur comportement des jeunes hévéas en basse Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 2 (1): 41 - 48.
- Kéli Z.J, Yoro G, Kouassi P, Martin A, Gilot C & Blanchard E. (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 DEA N° 36/93*.
- Kéli, Z.J., Kpolo, D.M., Déa, G.B., Boa, D. and & Allet-Don, A., (1997). L'hévéaculture en Côte d'Ivoire: Situation actuelle et perspectives. *Plantations, Recherches, Développement*, 4(1): 5-11.

- Koffi, A. A., (2004). Evaluation de l'incidence des Loranthacées sur la productivité de *Hevea brasiliensis* (Mull.Arg) à Anguédédou (Sud-est de la Côte d'Ivoire).Mémoire de DEA de botanique .Université de Cocody Abidjan.52 p.
- Koulibaly T., N'diaye O., Toguila T. B & N'guatta B. S. J., (2016). Développement de l'hévéaculture en Côte d'Ivoire, menaces ou opportunités pour les cultures vivrières. ATELIER IRRDB- les 28-29-30/09/2016.
- Lacrotte R., (1991). Etude des relations entre la teneur en sucres du latex et la production : approche des mécanismes du chargement en saccharose des laticifères d'*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Thèse de Doctorat d'Université, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier II, 266 p.
- Lang S., Christ J.-M & Bornert A. (2011): "L'évolution technologique du matériel de récolte au service de la qualité du fourrage prairial conservé", Fourrages, 206, 1 43-1 51.
- Le Mire-Pêcheux L., Fournier A. & Dugast S. (1997). «Artificialisation des savanes soudanicennes-et dynamique d'une herbe spontanée utile. Les effets 'écologiques-de-quelques pratiques autour de *Andropogon gayanus* », *Dynamique et Usage des ressources renouvelables*, actes du colloque. Orléans, 16-17 oct. 1996, Paris,Orstom: pp. 37-56.
- Le roux Y., Pagès L. & Leconte A. (1992). Synchronismes entre processus de développement aérien et racinaire chez les jeune semis d'hévéa. Dans: Rythme biologique de développement aérien et racinaire chez les jeune semis d'hévéa. J. Beau et J. F. Vibert Eds, Actes du Congrès GERB, 25-27/05/92, Paris, pp. 57-66.
- Le roux & Pagès L. (1993). Développement et polymorphisme racinaire chez les jeunes semis d'hévéa (*Hevea brasiliensis*). Can. Journal. Botanique., 72.
- Le roux, Y. (1994): Mise en place de l'architecture racinaire d'*Hevea brasiliensis*. Etude comparée du semis et de la microbouture. Thèse Université d'Aix Marseille III. Faculté des Sciences et Techniques Saint -Jérôme; pp 35-40.
- Lioret C., Ribaillier D. & Combe J.C., (1978). Cinétique de l'écoulement du latex d'*Hevea brasiliensis* après saignée. *Revue. Genetique. Caoutchouc. Plastiques.*, 55: 91 – 98.
- Lona I., (2014). Risques climatiques et pratiques culturelles du mil et du sorgho au Niger. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni. Niamey. Niger 230.

- Low F.C. & Gomez J.B., (1982). Carbohydrate status of exploited Hevea. I. The effect of different exploitation systems on the concentration of the major soluble carbohydrates in latex. *Journal. Rubber. Research. Institut. Malaya.*, 30: 1 – 18.
- Lynen F., (1969). Biochemical problems of rubber synthesis. *Journal Rubber Research. Inst. Malaya*, 21: 389–406.
- Mahyao A., Soumahin E.F., Koffi C., Coulibaly L.F., N’Guessan A.E.B., Kouame C. & Obouayeba S., (2014). Economic Analysis of Compensating Systems for the Scarcity of Tapping labour in the Rubber Industry in Côte d’Ivoire. *Journal of Rubber Research*, 17 (1), 34–44.
- Makinen II., (1997). Possibilities of competition indices to describe competitive differences between scots pine families. *Silva fennica*. 31 (1): 45-52.
- Manlay R (2000). Dynamique de la matière organique dans un terroir agro-pastoral de savane Ouest-Africain (Sud-Sénégal), Thèse. Doctorat, Engref, 192 p. +ann.
- Martin, R. & du Plessix, C. J. (1965). Notes sur la pourriture blanche des racines d'hévéa (*Leptoporus lignosus*) en basse Côte d'Ivoire. *Revue. Genetic. Caoutchouc Plastiques*. 42: 1323-1336.
- Martins, A.L.M.; Ramos, N.P.; Gonçalves, P. de S & Val, K.S (2000). Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no Estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1743-1750.
- Masson M., (2001). La production de caoutchouc naturel menacée. Reportage sur le caoutchouc naturel, CIRAD. www.cirad.fr/publication/documents/produit_strop/1999. Consultation le 31 janvier 2019.
- Milford G.F.J., Paardekooper E.C & HO C.Y., (1969). Latex Vessels plugging, its importance to yield and clonal behaviour. *Journal Rubber Research Institut. Malaya*, 21: 274–282.
- Monnier Y., (1983). Végétation. *In : les atlas jeune Afrique Côte d’Ivoire*. pp. 16-18.
- Moormann F.R., Weldkamp W.J & Ballaux L.E (1997). The growth of rice on a toposéquence, a methodology-plant and soil 48 pp 565-580.
- Nadarajah M., Abeysinghe A., Dararatne W.C. & Thermalingam R., (1973). Potentialities of rubber seed collection and its utilization in Sri Lanka. *Sri Lanka bulletin*, 8 (1): 9 – 21.
- Nayanakantha, N.M.C. & Seneviratne, P. (2007). Tissue culture of rubber: past, present and future prospects. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)* 36 (2), 117-126.

- Ndoutoumou P.N., Ovono P.O., Azi A.S., Mouketou A.M., Omeme E.V. & Nkodo. F. (2016). Incidence des fluctuations climatiques sur la production de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) dans la zone côtière du Cameroun. *Afrique SCIENCE* 12 (1) (2016) 345 – 356.
- Ndoutoumou P., Nguema, A.S., Ondo, J.A., Bourobou, D., Nkoume, F. & Nkodo. (2017). Contribution à une meilleure estimation des productions théoriques de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* L.) sur la base des données climatiques au Sud-Ouest Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, 120:12018-12026.
- Obouayeba, S. (1992). Intérêt agroéconomique de l'association hévéas-cultures vivrières en milieu villageois de la Côte d'Ivoire analyse d'un modèle de plantation. *Agronomie Africaine* IV(1): 21-23.
- Obouayeba S. & Boa D., 1993. Fréquence et repos annuel de saignée d'*Hevea brasiliensis*, clone PB 235, dans le sud-est de la Côte d'Ivoire. *Cahier. Agriculture*, 2 (6): 387 – 393.
- Obouayeba S., Boa D. & Keli Z.L., (1996). Adéquation entre quantité de pâte stimulante et production de caoutchouc de *Hevea brasiliensis* dans le sud-est de la Côte d'Ivoire. *Tropicultura.*, 14 (2): 54 – 58.
- Obouayeba S., Boad D., Dian K., Ouattara N & Keli Z.J.,(2000). Dynamics of vegetative growth and productivity of *Hevea brasiliensis*. In determining tapping nprms. *Journal Rubber Research.*, 3 (1): 53- 62.
- Obouayeba S. Boa D., Ake S. & Lacote R. (2002). Influence of age and girth at opening on growth and productivity of Hevea. *Indian Journal of Natural Rubber Research*, 15 (1): 66-71.
- Obouayeba S., (2005). Contribution à la détermination de la maturité physiologique de l'écorce pour la mise en saignée d'*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae): Norme d'ouverture. Thèse Université de Cocody, UFR Biosciences, Côte d'Ivoire, 225p.
- Obouayeba S., Dian K., Boko A.M.C, Gnagne Y.M, & Ake S., (2005). Effect of planting density on growth and yield productivity of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Clone 235. *Journal Rubber. Research.*, 8 (4), 257- 270.

- Obouayeba S., Soumahin E.F., Coulibaly L.F. Boko A.M.C., Lacote R., & Yapi G.C.V., (2011). Relationship between tapping intensity and tapping panel dryness susceptibility of some clones of *Hevea brasiliensis*. *Agriculture and Biology. Journal of North America*, Vol.2 (8): 1151-1159
- Obouayeba S, Boko M. C. A, Soumahin E. F. Elabo A. A. E., Dea G. B, Badou E. A, Kouamé C., Zéhi B. & Kéli Z.J. (2015). Natural rubber-based intercropping systems in Côte d' Ivoire: a review of forty years of work. *Rubber Science*, 28 (3): 211-226.
- Obouayeba S., Atsin G.J.O., Soumahin E.F., Iqbal S.M.M., Essehi J.L & Obouayeba A.P. (2016). Efficient latex harvesting technologies at the opening of *Hevea brasiliensis* moderate metabolism clone GT 1 in Côte d'Ivoire. *Journal Rubber Reseach.*, 19 (1), 53-70.
- Ocho L.A., (1999). Valorisation de la graine de l'hévéa (*Hevea brasiliensis*): Production, caractérisation physico - chimique de la graine de l'hévéa et efficacité alimentaire du tourteau chez le poulet de chair et la pondeuse. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 108 p.
- Okoma K. M., (2008). Etude de la sensibilité au syndrome de l'encoche sèche chez *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae). Thèse Université de Cocody, UFR Biosciences, Côte d'Ivoire, 161p.
- Okoma K.M., Dian K., Allou D. & Sangare A., (2009). Etude de la sensibilité des clones d'*Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) à l'encoche sèche. *Journal of Applied Biosciences*. 6 (1): 17 – 26.
- Okoma K.M., Dian K., Obouayeba S., Elabo A., Gnagne M., Koffi E., Soumahin F., Doumbia S & Keli J., (2011). Bien diagnostiquer l'encoche sèche chez l'hévéa en Côte d'Ivoire. CNRA, *Fiche hévéa N°2*, 2p.
- Okoma K.M., Dian K., Soumahin E.F., Elabo A.A., Doumbia S., Obouayeba S. & Keli Z.J., (2016). Agricultural practices in Côte d'Ivoire and apparition and development of tapping panel dryness in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. *International Journal Agricultural Sciences*. 6 (7); 74-80.
- Okoma D.M.J., Koffi L.B., Kouadio E.; Elabo A.; Obouayeba S., Assa R.R.& Bieogo.G.H, (2018). Valorization of the rubber seed in oil and feed efficiency of the cake in

poultry in Ivory Coast. Conférence mondiale de l'IRRDB, 22-24/10/ 2018, Abidjan, Côte d'Ivoire.

- Pagès L. & Jordan M.O., (1991). Root structure of corn (*Zea Mays* L.) 2. The three-dimensional model International meeting of the international society of Root Research, 22-26/08/88 Uppsala (Suède). In: Plant roots and their environment, B.L. McMichael et H. Persson Eds., Elsevier Science Publishers B. V., pp. 608-619.
- Pagès L., Jordan M.O. & Chadeau J. (1991). Mise en place du système racinaire de jeunes pêcheurs (*Prunus persica* L. Batsch). 2^{ème} colloque international sur l'arbre, 10-15/09/90 Montpellier (France). Dans: L'arbre. Biologie et développement. C. Edelin Ed., Naturalia monspeliensa, nhs., pp. 648-650.
- Pathiratna, L.S.S. & Edirisinghe, J.C. (2003). Agronomic and economic viability of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) cinnamon (*Cinnamomum verum* J. Pres.) intercropping systems involving wider inter-row spacing in rubber plantations. *Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka* 86, 46-57.
- Pathiratna, L. S. S., Seneviratna, P., Waidyanatha, U. P. De. S. & Samaranayake, A. C. I. (2006). Effect of tree density on growth, yield and profitability in rubber (*Hevea*) plantations. *Ceylon Journal of Science*, 35, 141-148.
- Pathiratna, L. S. S. & Perera, M.K.P. (2006). Effect of plant density on bark yield of Cinnamon intercropped under mature rubber. *Agroforestry Systems* 68, 123-131.
- Pathiratna, L.S.S., Wijesuriya, W. & Seneviratne, P. (2007). Comparison of yields between budgrafts and mother trees in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. *Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka* 88, 47-58.
- Pautasso M, Dehnen S.K, Holdenrieder O.P.S, Salama N, Jeger M.J, Lange E & Hehl L.S, (2010). Plant health and global change-some implications for landscape management. *Biological Reviews.*, 85 (4): 729- 755.
- Radtke P.J., Westfall J.A. & Burkhart H.E. (2003). Conditioning a distance-dependent competition index to indicate the onset of inter-tree competition. *Forest Ecology and Management.*, 178 (1/3): 17-30.
- Ramos, N.P; Gonçalves, P. de S; Martins, A.L.M & Godoy J.R., (2001). Avaliação genética em diferentes combinações de enxerto e porta-enxerto de seringueira. *Científica*, v.29, p.103-115.

- Ribaillier D., (1972). Importance des lutoïdes dans l'écoulement du latex: action de la stimulation. *Revue Genetique Caoutchouc Plastiques.*, **47**: 305 - 310.
- Rodrigo A.N, Pathirathna L.S.S, Waidyanatha S, Samaranayake A.C.I, Kodikara P.B & Weeralal. J.L.K., (1995). Effet de la densité de plantation sur la croissance, le rendement, facteurs connexes et rentabilité du caoutchouc (*Hevea brasiliensis* MUELL. ARG.). *Journal Rubber Research Institut Sri Lanka*, (1995), **76**, 55-71.
- Rodrigo, V.H.L., Stirling, C.M., Naranpanawa, R.M.A.K.B. & Herath, P.H.M.U. (2001). Intercropping of immature rubber; present status in Sri Lanka and financial analysis of rubber intercrops planted with three densities of banana. *Agroforestry Systems* 51, 35-48.
- Rodrigo, V.H.L., Silva, T.U.K. & Munasinghe, E.S. (2004). Improving the spatial arrangement of planting rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) for long-term intercropping. *Field Crops Research.*, 89: 327–335.
- Rodrigo, V.H.L., Stirling, C.M., Teklehaimanot, Z.K., Samarasekera, R.K. & Pathirana, P.A.D. (2005). Interplanting banana at high densities with immature rubber crop for improved water use. *Agronomy. Sustain.*, **25**, 45-54.
- Rodrigo, V.H.L. (2007). Ecophysiological factors underpinning productivity of *Hevea brasiliensis*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19 (4), 245-255.
- Rodrigo V.H.L, Iqbal S.M.M. & Dharmakeerthi R.S., (2011). Potential for rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) cultivation in the Eastern Province of Sri Lanka. *Journal Natural Science Foundation Sri Lanka*, 39 (4): 403-411.
- Ruf F., (1995). Booms et crises du cacao: les vertiges de l'or brun. Paris : Ministère de la coopération, Cirad-Sar, Karthala. 459 p.
- Schultes, R.E., (1990). A brief taxonomic view of the genus *Hevea*, Kuala Lumpur, 1-57 pp.
- Sekhar, A.C. (1989). *Rubber Wood Production and Utilization*. Rubber Research Institute of India, Kottayam, pp. 99-110.
- Seneviratne, P. Senevirathna, A.M.W.K. & Nayanakantha, N.M.C. (2004). Quality of planting material on the growth phase of *Hevea*. *Proceedings of the First Symposium on Plantation Crop Research - Current Trends and Future Challenges*. The Tea Research Institute of Sri Lanka, Talawakelle. July, 2004, 62-74.
- Seneviratne J. & Priyani S. (2005). Production of planting material for rubber replanting and new planting programmes in Sri Lanka. *Bulletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka* 46, 17-24.

- Simien A., (2005). Caractérisation socio-économique et modélisation des exploitations hévéicoles du sud de la Thaïlande. Stage Thématique et méthodologique de 2ème année, CIRAD-TERA, 78 p.
- Sobhana, P.; Gopalakrishnan, J.; Jacob, J & Sethuraj, M.R (2001). Physiological and biochemical aspects of stock-scion interaction in *Hevea brasiliensis*. Indian Journal of Natural Rubber Research, v.14, p.131-136, 2001.
- Soro K, Soro D, N'guessan K, Gnahoua G.M & Traoré D., (2010). Parasitisme des Loranthaceae sur les hévéas en zone forestière des sous-préfectures de Gagnoa et d'Ouragahio, en Côte d'Ivoire. *Journal of animal & plant sciences*, 2010. vol. 6, issue 1: 597- 604.
- Subroto T., Van K.A., Schreuder A., Soedjanaatmadia U.S.M. & Benteima J.J., (1996). Chitinase and β -1,3-glucanase in the lutoid body reaction of *Hevea latex*. *Phytochemistry*, 43: 29-37.
- Soumahin E. F., (2010). Optimisation des systèmes d'exploitation en hévéaculture par la réduction des intensités de saignées, Thèse de doctorat d'université, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 189 p.
- Soumahin E.F., Elabo A. A. E., Okoma K M, Atsin G.J.Olivier, Dick A.E. & Obouayeba S., (2014). Yield response of low frequency upward tapping by increasing the tapping cut length in *Hevea brasiliensis* (clone GT 1) in South Eastern Côte d'Ivoire. *Rubber Science*, (27): 193 –201.
- Southorn W.A. & Gomez J.B., (1969). Latex flow studies. VII. Influence of length of tapping cut on latex flow pattern. *Journal.Rubber.Research*, 23: 675 – 685.
- Southon T.E., Mattsson A. & Jones R.A. (1992). NMR imaging of roots: effects after root freezing of containerized conifer seedlings. *Physiologia Plantarum*, 86 329-334.
- Taussky H.H & Shorr E., (1953). A micro colorimetric method for the determination of inorganic phosphorus. *Journal Biological Chemical*, 202: 675 – 685.
- Taylor H.M., Upchurch D.R. & McMichael B.L., (1991). Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons for root studies. Dans: The rhizosphere and plant growth. D.L. Keister et P.B.Cregan Eds., Kluwer Academic Publishers, pp. 91.
- Templeton J.K., (1969). Partition of assimilates. *Journal Rubber Research. Institut Malaya*, 21: 259 – 273.

- Thierry michels, (2005). Adapter la conduite des plantations d'hévéa à la diversité des exploitations villageoises (Etude de cas au Cameroun): Thèse de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 302 p.
- Tie B.T., (1985). État 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 de Sciences et Technologies, 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. Conférence internationale IRRDB- les 28-29-30/09/2016 Abidjan, Côte d'Ivoire: pp. 45-66.
- Traoré M.S., (2014). Effet de différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique sur les paramètres agrophysiologiques des clones de *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. (Euphorbiaceae), PB 235, PB 260, GT 1 et PB 217 cultivés au sud-est de la Côte d'Ivoire. Thèse Université de Cocody, UFR Biosciences, Côte d'Ivoire, 227p.
- Tran V.C, 1994. Les boutures d'hévéa. *Caoutchouc et plastiques*, 645. 85-88.
- Tupy J & Primot L., (1976). Control of carbohydrate metabolism by ethylène in latex vessels of *Hevea brasiliensis* Mull, Arg. In relation to rubber production. *Biologie. Plant*, 18: 373 – 384.
- Tupy J. (1984). Translocation, utilization and availability of sucrose for latex production in *Hevea*. C. R. Coll. Expl. Physiol. Amél. *Hevea*, IRCA-CIRAD, ed., Montpellier, France, 135-153.
- Van de sype H.,(1984). The dry cut syndroms of *Hevea brasiliensis*, evolution, agronomical and physiological aspects. C. R. Coll. Physiol. Amel. *Hévéa.*, Ed., IRCA-CIRAD, Montpellier, France, 249 – 271.
- Vijayakumar K.R., Thomas K.U., Rajagopal R. & Karunaichamy K., (2009). Response of *Hevea* clone to low frequency tapping, Proceedings of the international work on Exploitation Technology, India, pp 17-42.
- Wahounou P.J., Obouayeba S & Dian K., (2010). Lutte contre les Loranthaceae en plantation d'hévéa. Rapport de fin de projet. Projet FIRCA 9.Convention n° 77 FIRCA-CNRA /Hevea/2006.23 p.

- 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, 54 p.
- Wahounou P.J., Coulibaly B., Gnonhouiri G.P., & Adiko A. (2017): Teak (*Tectonagrandis*) decay associated with *Verticillium sp.* And *Fomes sp.* Within reforestation areas in Côte d'Ivoire. *Journal of Tropical Forest Science* 29 (3): 363–370.
- Way D.A & Oren R. (2010). Differential responses to changes in growth temperature between trees from different functional groups and biomes: a review and synthesis of data. *Tree Physiology*, 30: 669-688.
- Wititsuwannakul R., Wititsuwannakul D., Sukonrat W & Chotephiphatworakul W., (1988). 3 hydroxy-3-methylglutanyl coenzyme A reductase from latex of *Hevea brasiliensis*. In :IRRDB rubber physiology and exploitation meeting, Hainan, Chine, 9-12 décembre 1986. Hainan, Chine, South China Academy of Tropical Crops, 47-58.
- Yeang H.Y., Jacob J.L., Prévot J.C & Vidal A., (1986). Invertase activity in Hevea latex serum: interaction between pH and serum concentration. *Journal. Natural. Rubber.Research*, 1: 16-23.

ANNEXES

❖ Liste des publications tirées de la thèse

1-Effect of different preceding crops and land preparation methods on the agrophysiological and health parameters of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg clone GT 1 in southwestern Côte d'Ivoire

2-Effect of design and planting density on the agrophysiological parameters of clone GT 1 *Hevea brasiliensis* Muell Arg in southwestern Côte d'Ivoire

3- Effect of planting date on the agrophysiological parameters of clone GT 1 of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg in southwestern Côte d'Ivoire

❖ Contribution à des congrès internationaux

1- Effect of different preceding crops and land preparation methods on the agrophysiological and health parameters of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg clone GT 1 in southwestern Côte d'Ivoire

**PUBLICATIONS TIREES
DE LA THESE**

**CONTRIBUTION A DES
CONGRES
INTERNATIONAUX**



Communication: Effect of different previous land covers and methods of field preparation on the agrophysiological and health parameters of clone GT 1 of *Hevea*

Ballo E.K.^{1.}, Soumahin E.^{1.}, Ballo K.C.^{2.}, Elabo A.E.A.^{3.}, Kouadio Y.J.^{1.}, Obouayeba S.^{3.}

^{1.} Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Laboratoire de Physiologie et Pathologie Végétale, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

^{2.} Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Direction Générale, 01 BP 1740 Abidjan 01. Tel: (225) 23 47 24 24. Fax: (225) 23 47 24 11. Email: info@cnra.ci

^{3.} Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Recherche de Bimbresso, Côte d'Ivoire, 01 BP 1536 Abidjan 01, Phone: (225) 23 45 41 76, Fax: (225) 23 47 21 22

Presented by M. BALLO Espérance Kouadio Agro-physiologist, - PhD Student Workshop of the International Rubber Research and Development Board (IRRDB) 22th-24th October 2018, Abidjan, Côte d'Ivoire