

EFFET DU GLYPHOSATE SUR LES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES DU LATEX ET LES PROPRIETES TECHNOLOGIQUES DU CAOUTCHOUC DES HEVEAS (GT 1, PB 217, PR 107) DANS LE CADRE DE LA LUTTE CONTRE LES LORANTHACEAE EN COTE D'IVOIRE

K. SEKONGO^{1,2D}, K. ABO², B. Y. C. ADOU³, D. KONAN³, K. A. YAO³, O. S. VAWA³, P. J. WAHOUNOU³, S. OBOUYEBA³

¹Université Peleforo Gon Coulibaly, Laboratoire de Production Végétale, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire,

²Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Laboratoire de Phytopathologie et de Biologie Végétale, BP 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

³Centre Nationale de Recherche Agronomique (CNRA), Programme Hévéa, Station de Bimbresso, 01 BP 1536 Abidjan, Côte d'Ivoire

øAuteur pour toute correspondance e-mail : kiforis@yahoo.fr

RESUME

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet du Glyphosate sur les paramètres physiologiques du latex et sur les propriétés technologiques du caoutchouc dans le cadre de la lutte contre les Loranthaceae en hévéaculture. Pour ce faire, 10 ml d'une solution de Glyphosate 360 g/l ont été injectés à cinq plants d'hévéas des clones GT 1, PB 217 et PR 107 parasités par les Loranthaceae. Diverses méthodes appropriées ont été utilisées pour déterminer la proportion des paramètres physiologiques des latex et les propriétés technologiques des caoutchoucs. L'effet du Glyphosate sur les paramètres physiologiques du latex des hévéas traités et sur les propriétés technologiques du caoutchouc a été évalué et comparé aux paramètres physiologiques et aux propriétés technologiques des caoutchoucs des hévéas témoins n'ayant pas reçus de matière active (Glyphosate). De plus, les valeurs obtenues ont été comparées aux valeurs de référence. Il ressort de cette étude que, dans la lutte contre les Loranthaceae en plantation hévéicole, l'injection de 10 ml de Glyphosate (360 g/L) à l'hévéa n'affecte ni les paramètres physiologiques du latex, ni les propriétés technologiques du caoutchouc.

Mots clés : Glyphosate, hévéa, Loranthaceae, paramètres physiologiques du latex, propriétés technologiques du caoutchouc

ABSTRACT

EFFECT OF GLYPHOSATE ON THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF LATEX AND THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER FROM RUBBER TREE (GT 1, PB 217, PR 107) IN THE CONTROL OF LORANTHACEAE IN COTE D'IVOIRE

The aim of this study is to evaluate the effects of Glyphosate on the physiological properties of the latex and on the technological properties of the rubber in the control of Loranthaceae in rubber trees cultivation. To do this, 10 ml of a 360 g/l solution of Glyphosate were injected into five rubber plants of clones GT 1, PB 217 and PR 107 parasitized by Loranthaceae. Various appropriate methods have been used in order to determine physiological parameters of latex and the technological properties of rubber. The effect of Glyphosate on the physiological parameters of latex and on the technological properties of rubber was evaluated and compared to the physiological parameters of latex and technological properties of rubbers those did not receive any active ingredient (Glyphosate). The obtained values were also compared to reference values. It appears from this study that, in the control of Loranthaceae in rubber plantation, the injection of 10 ml of Glyphosate (360 g/L) into rubber trees does not affect either the physiological parameters of latex or the technological properties of rubber.

Keywords : *Glyphosate, rubber tree, Loranthaceae, physiological parameters of latex, rubber technological properties*

INTRODUCTION

Les Loranthaceae sont des phanérogames hémiparasites, chlorophylliens et épiphytes qui parasitent des végétaux ligneux cultivés ou spontanés (Ahamide *et al.*, 2015). Ces végétaux sont généralement dans les régions tropicales et subtropicales. Ce sont des plantes vasculaires buissonnantes et semperviventes. De par leur statut de plantes hémiparasites épiphytoïdes, elles s'implantent sur les parties aériennes de leurs hôtes. Cela provoque des dégâts écologiques, morphologiques, technologiques, physiologiques et économiques, variables selon les cultures et les essences ligneuses parasitées (Salié *et al.*, 1998). Selon ces auteurs, elles se fixent sur le phorophyte à travers un organe spécifique appelé haustorium ou suçoir qui établit le contact avec son hôte au niveau des connections xylémiques. À travers cet organe spécialisé, l'eau et les sels minéraux de l'hôte sont détournés au profit du parasite (Glatzel et Geils, 2009).

Parmi les cultures parasitées, le cas de l'hévéa est très préoccupant de nos jours. En effet, dans le sud de la Côte d'Ivoire, notamment dans la région de Dabou, où l'hévéaculture est très développée, les trois-quarts du verger sont infestés par les Loranthaceae (Wahounou *et al.*, 2012). Ce qui contraint les producteurs à abattre tous les arbres prématurément. Dans d'autres régions moins attaquées, le taux d'infestation est de 25 % (Koffi, 2004 ; Wahounou *et al.*, 2012). Les Loranthaceae constituent alors une contrainte à la bonne productivité des arbres puisqu'elles provoquent une baisse drastique du rendement, voire la mort de ces arbres (Amon *et al.*, 2010 ; Houénon, 2012 ; Edagbo *et al.*, 2013).

Pour maintenir la productivité de l'hévéa par la réduction de l'impact négatif du parasitisme, des essais de lutte contre les Loranthaceae ont été conduits dans la plantation expérimentale et de production du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), à la Station de Anguédédou, dans le District d'Abidjan, Côte d'Ivoire.

Dans cette lutte, de nombreuses molécules (2-4 D, Triclopyr, Miesengling3, Glyphosate, etc.)

ont été testées durant trois années, de 2010 à 2018, à la Station de Anguédédou. Parmi elles, le Glyphosate (360 g/L) a donné de meilleurs résultats par rapport aux autres molécules. En effet, les travaux de Wahounou *et al.* (2013), M'pika *et al.* (2017) ont montré que l'injection de cette molécule aux arbres parasités par les Loranthaceae, au début de la période de défoliation des hévéas, détruit 65 à 86 % des touffes de parasite. Cependant, si l'effet du Glyphosate sur la mortalité des touffes de Loranthaceae est ainsi avéré, il n'en est pas de même pour son effet sur les paramètres physiologiques du latex et sur les propriétés technologiques du caoutchouc des hévéas. Le présent article rend compte de l'effet du Glyphosate sur les paramètres physiologiques du latex et sur les propriétés technologiques du caoutchouc dans le cadre de la lutte contre les Loranthaceae en hévéaculture.

SITE D'ETUDE

L'étude a été conduite sur la plantation expérimentale et de production du centre National de Recherche Agronomique (Anguédédou, Côte d'Ivoire). Elle a porté sur trois parcelles des clones GT 1, PB 217 et PR 107

MATERIEL D'ETUDE

Le matériel d'étude est constitué de matériel végétal, technique et chimique. Le matériel végétal renferme trois clones d'hévéa: GT 1, PB 217 et PR 107. La densité de plantation de ces clones est de 555 arbres/ha, avec 3 m entre les hévéas et 6 m entre les lignes. Les principales caractéristiques de ces clones sont consignées dans le tableau 1. Le matériel chimique est constitué d'une solution concentrée de Glyphosate (360 g/L). Le matériel technique comprend un groupe électrogène portatif, une perceuse électrique et une seringue de 10 ml. La perceuse électrique, alimentée par le groupe électrogène, permet de réaliser des galeries dans le tronc des hévéas dans lesquelles 10 ml de Glyphosate 360 g/L est injecté. Une balance ordinaire de portée maximale de 20 kg est utilisée pour la pesée du coagulum (caoutchouc).

Tableau 1 : Principales caractéristiques des clones étudiés (CIRAD, 1993).*Main characteristics of the clones studied (CIRAD, 1993).*

Clones	Caractéristiques	Origines
GT 1 (Gondang Tapen)	Clone primitif ; Teneurs en sucre et en phosphore inorganique modérées ; Caractéristiques physiologiques favorables à la production de caoutchouc ; Productivité en caoutchouc à l'arbre pas très élevée, mais largement compensée par sa bonne homogénéité ; Peu sensible à l'encoche sèche et au déracinement (Chapuset, 2001).	Indonésie
PB 217 (Prang Besar)	Parent femelle PB 5/51 et parent mâle PB 6/9 ; Réserve glucidique et teneur en groupements thiols importantes ; Faible teneur en phosphore inorganique ; Vigoureux ; Progression constante de production moyenne les trois premières années ; Peu sensible à l'encoche sèche ; résiste au vent (CIRAD, 1993).	Malaisie
PR 107 (Proefstation voor)	Clone primitif ; Réserves glucidiques et teneur en groupements thiols importantes ; Faible teneur en phosphore inorganique ; Moins vigoureux et plus productif que le clone GT 1, au cours des 5 premières années de saignée ; Très productif après 6 à 10 années de saignée ; très bonne résistance à la casse due au vent ; Haute productivité en caoutchouc et faible sensibilité à l'encoche sèche (Gohet, 1996).	Malaisie

METHODES

METHODES D'ETUDE

Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Le dispositif expérimental et la conduite de l'essai sur le terrain ont démarré en début de défoliation des arbres (janvier-février). Les arbres de circonférence de 80 cm \pm 5 cm à 1,70 m au-dessus du sol ont été retenus. L'état d'infestation des arbres par les Loranthaceae a été déterminé. Pour chaque clone, 15 arbres ont été choisis selon les critères ci-après et auxquels on applique les traitements T1, T2 et T3 (Tableau 2). Dans ce lot de 15 arbres, ont été retenus aléatoirement cinq arbres sains, non infestés par les Loranthaceae ; ils n'ont reçu aucun traitement au Glyphosate et qui représentent le traitement T1. Ensuite, cinq

autres hévéas infestés par les Loranthaceae ont été choisis pour le traitement T2. Enfin, les derniers cinq autres hévéas infestés par les Loranthaceae ont reçu par injection un volume de 10 mL de Glyphosate 360 g/L dans une galerie réalisée dans le tronc de l'arbre. Ce dernier groupe d'arbres constitue le traitement T3. Les arbres ont été pris selon un dispositif « *one tree plot design* » où chaque arbre constitue une répétition. La galerie a été réalisée à l'aide d'une perceuse électrique alimentée par un groupe électrogène portatif munie d'une vis de 15 cm de long et de 1,5 cm de diamètre. Ces galeries ont les dimensions de la vis et elles ont été positionnées à 30 cm au-dessus du sol. Dans ces galeries, 10 ml de solution de Glyphosate concentrée à 360 g/L prélevés à l'aide d'une seringue médicale de 10 cc ont été injectés. Après injection, les trous des arbres perforés ont été bouchés avec une pâte fongicide afin d'éviter une infection due à d'autres parasites, notamment les champignons. Le tableau 2 résume les traitements auxquels les arbres ont été soumis.

Tableau 2 : Traitements appliqués aux différents arbres
Treatments applied to different trees

Clones	Traitements	Etat sanitaire des arbres	Volume de Glyphosate injecté (ml)	Nombre de répétitions
GT 1	T1	Sain (absence de touffes de Loranthaceae)	0	5
	T2	Parasité par les Loranthaceae	0	5
	T3	Parasité par les Loranthaceae	10	5
PB 217	T1	Sain (absence de touffes de Loranthaceae)	0	5
	T2	Parasité par les Loranthaceae	0	5
	T3	Parasité par les Loranthaceae	10	5
PR 107	T1	Sain (absence de touffes de Loranthaceae)	0	5
	T2	Parasité par les Loranthaceae	0	5
	T3	Parasité par les Loranthaceae	10	5

T1 (témoin absolu) : arbres non traités au Glyphosate et non parasités par les Loranthaceae ;

T1 (absolute witness) : trees not treated with Glyphosate and not parasitized by Loranthaceae ;

T2 (témoin relatif) : arbres non traités au Glyphosate, mais parasités par les Loranthaceae ;

T2 (relative witness) : trees not treated with Glyphosate, but parasitized by Loranthaceae ;

T3 (Glyphosate) : arbres ayant reçu 10 ml de Glyphosate (360 g/l) dans une galerie réalisée dans le tronc et inclinée de 30° par rapport à la verticale, et possédant des touffes de Loranthaceae.

T3 (Glyphosate) : trees treated (injected) with 10 ml of Glyphosate (360 g/L) in a gallery carried out in the trunk and inclined of 30 ° compared to the vertical, and having tufts of Loranthaceae.

RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Détermination des paramètres physiologiques du latex

Après refoliation et maturation des feuilles d'hévéas traités (entre juillet et septembre), du latex a été prélevé et soumis à un test de Micro Diagnostic Latex (MDL), pour déterminer le taux d'extrait sec (ExS), les teneurs en saccharose (Sac), en phosphore inorganique (Pi) et en grou-

pements thiols (R-SH) du latex. La détermination de l'extrait sec a été faite selon la méthode décrite par Eschbach *et al.* (1984), tandis que les teneurs en saccharose, phosphore inorganique et groupements thiols ont été obtenues, respectivement selon les méthodes de Ashwell (1957), Taussky et Shorr (1953) et de Boyne et Ellman (1972). Les valeurs des paramètres physiologiques et les profils qui en découlent ont été analysés et interprétés relativement à celles de Jacob *et al.* (1987) indiquées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Valeurs référentielles d'interprétation des paramètres physiologiques (Jacob *et al*, 1987).
Reference values for the interpretation of physiological parameters (Jacob *et al*, 1987).

	DRC(%)	Sac. (mM)	Pi. (mM)	R-SH. (mM)
Très haut	> 43	> 12	> 25	> 0,90
Haut	38 à 43	9 à 12	20 à 25	0,80 à 0,90
Moyen	33 à 38	6 à 9	15 à 20	0,6 à 0,80
Bas	29 à 33	4 à 6	10 à 15	0,5 à 0,6
Très bas	≤ 29	≤ 4	≤ 10	≤ 0,50

Détermination des propriétés technologiques du caoutchouc

Tous les arbres de l'expérimentation ont été saignés en demi-spirale descendante tous les trois jours (d/3) avec dimanche jour de repos. Ce qui donne une fréquence de saignée de 8 fois par mois. Les coagulums issus des fonds de tasse ont été régulièrement collectés le premier mois pour chaque clone et pour chaque traitement. La quantité de caoutchouc obtenue a été déterminée par pesée. Après une conservation de 8 mois durant (pour permettre le déroulement de toutes les réactions possibles), des échantillons des fonds de tasse régulièrement collectés ont été soumis à des analyses technologiques effectuées suivant les normes

ISO (Tableau IV). Ces analyses ont permis de déterminer les propriétés technologiques qui sont les impuretés, les cendres, la plasticité initiale (Po), l'indice de rétention de la plasticité (PRI), du taux d'azote, les matières volatiles et la viscosité mooney (VM) des différents échantillons. Ce délai d'attente de huit mois a été observé pour permettre aux éventuelles réactions impliquant le Glyphosate de se dérouler avant de déterminer les propriétés technologiques des divers échantillons de caoutchouc. Les valeurs des propriétés technologiques des caoutchoucs obtenues ont été analysées et interprétées selon les valeurs de référence des normes ISO (SAR, 1998) consignées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Normes ISO (SAR, 1998) servant à interpréter les propriétés technologiques du caoutchouc.
ISO standards (SAR, 1998) used to interpret the technological properties of rubber.

Paramètres	Méthodes d'essai	Valeurs seuil	Valeurs moyennes
Po	ISO 2007 (1991)	≥ 30	40
PRI	ISO 2930 (1995)	≥ 50	60
VM	ISO 289-1 (1994)	≤ 50	-
Impuretés (%)	ISO 249 (1995)	≤ 0,1	0,03
Matières volatiles (%)	ISO 248 (1991)	≤ 1,0	0,2
Cendres (%)	ISO 247 (1990)	≤ 0,75	0,3
Azotes (%)	ISO 1656 (1996)	≤ 0,6	0,26

Po : plasticité initiale
Po : initial plasticity

VM : viscosité mooney,
VM : mooney viscosity

PRI : Indice de rétention de la plasticité
PRI : plasticity retention index

Evaluation de la production des arbres après application des traitements

Après la mise en place de l'essai, la production des hévéas est pesée durant les trois premiers mois. Le nombre de saignée est noté (24 saignées). La production moyenne de chaque clone par saignée et par traitement est ensuite déterminée à partir de ces données.

Analyses statistiques des données

Dans un premier temps, les valeurs obtenues des propriétés technologiques du caoutchouc ont été comparées simplement aux valeurs de référence (limites) des normes ISO (SAR, 1998). Il en est de même pour les paramètres physiologiques où les valeurs obtenues ont été comparées à celles de Jacob *et al.* (1987) et interprétées selon le schéma de Roussel (Jacob *et al.* 1987).

Ensuite, avec le logiciel STATISTICA 7.1, les données (y compris celles relative à la production des hévéas par clone et par traitement) 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. Dans le traitement des données, tous les résultats en pourcentage (%) ont subi une transformation Arsin.

RESULTATS

EFFET DU GLYPHOSATE SUR LES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES DU LATEX DES HEVEAS

Les résultats relatifs à l'effet du Glyphosate sur les paramètres physiologiques du latex sont consignés dans le tableau 5. Le taux d'extrait sec (DRC) moyen du latex des hévéas de l'expérimentation, tous clones et traitements

confondus, de 48,70 % est d'un très haut niveau. Relativement aux clones, le taux de DRC du PB 217 (52,30 %) étant invariable selon le traitement, est supérieur à celui du GT 1 (49,03 %) qui est lui-même supérieur au taux du PR 107 (44,77 %). Le taux de DRC du latex de ces 2 clones a significativement varié en fonction du traitement. Le taux d'extrait sec de ces 3 clones suit le gradient de productivité en caoutchouc de ces trois clones comme l'indique le Tableau 4. Concernant les traitements, notamment avec le Glyphosate (T3), les arbres traités au Glyphosate du PR 107 présente un taux de DRC (50,70 %) supérieur à celui des arbres du PB 217 qui est de 48,84 %. Le taux de DRC (48,84 %) des hévéas de PB 217 traités au Glyphosate est significativement supérieur au taux de DRC de GT 1 (42,80 %). Au sein des clones, chez le PB 217, le taux d'extrait sec (DRC) du latex des arbres n'a subi l'influence d'aucun traitement (arbres traités ou non traité au Glyphosate) ; la valeur du taux d'extrait sec étant statistiquement identiques (T1=54,58 %, T2=53,48 %, T3=48,84 %). Par contre, Chez le GT 1, les taux de DRC issus des traitements T1 (42,80 %) et T3 (45,20%) sont statistiquement de même ordre de grandeur et sont significativement inférieurs à celui du traitement T2 (59,10%). Il en est de même dans le cas du clone PR 107.

Au niveau du saccharose, la teneur moyenne en saccharose du latex des hévéas de l'étude, tous clones et traitements confondus, de 5,65 mM, est d'un niveau moyen. La teneur moyenne en saccharose du latex de chacun des clones PB 217, GT 1 et PR 107 n'a pas varié selon le traitement (T1, T2, T3) et non plus suivant le clone.

La teneur moyenne en phosphore inorganique (Pi) du latex des hévéas, tous clones et traitements confondus, de 18,28 mM, est d'un niveau moyen (bon). La teneur moyenne en Pi du latex de chacun des 3 clones n'a pas significativement varié selon le traitement au Glyphosate et non plus suivant les clones.

La teneur moyenne en thiols (R-SH) du latex des hévéas de l'expérimentation, tous clones

et traitement confondus, de 0,88 Mm (Tableau 5), est d'un niveau haut (Tableau 3). Cette teneur moyenne en thiols du latex des hévéas de chacun des 3 clones n'a pas significativement varié selon le traitement au Glyphosate et suivant les clones. Tous clones confondus (Tableau 5 et 6), les taux d'extrait sec, les teneurs en saccharose, en phosphore inorganique et en groupement thiols (R-SH) du latex des hévéas n'ont été influencé par le traitement au

Glyphosate des hévéas parasités par les Loranthaceae. De plus, se référant au tableau 6, le profil physiologique du latex des trois traitements (T1, T2, T3) reste identique (assez bien équilibré dans tous les cas)

De toute cette analyse, il ressort que le traitement T3 (Glyphosate) n'affecte pas significativement les paramètres physiologiques du latex.

Tableau 5 : Valeurs moyennes des paramètres physiologiques par traitement et par clone.

Average values of physiological parameters per treatment and per clone.

Clones	Traitements	DRC_(%)	Sac (m.M)	Pi (mM)	R-SH (mM)	Profil physiologique
PB 217	T3	48,84 a	7,38 a	17,14 a	1,18 a	Bien équilibré
	T2	53,48 a	7,14 a	24,84 a	0,72 a	Assez bien équilibré
	T1	54,58 a	9,30 a	23,66 a	0,72 a	Bien équilibré
	moyenne	52,3	7,94	21,88	0,87	Bien équilibré
GT 1	T3	42,80 b	3,90 a	17,40 a	1,20 a	Passablement équilibré
	T2	59,10 a	4,00 a	16,20 a	0,60 a	Passablement équilibré
	T1	45,20 b	4,30 a	13,00 a	0,70 a	Passablement équilibré
	moyenne	49,047	4,067	15,533	0,873	Passablement équilibré
PR 107	T3	50,70 a	5,00 a	16,90 a	0,90 a	Bien équilibré
	T2	36,30 b	4,10 a	18,50 a	0,80 a	Bien équilibré
	T1	47,31 a	5,72 a	16,89 a	1,12 a	Assez bien équilibré
	moyenne	44,77	4,94	17,43	0,94	Bien équilibré

mM= m.mol.l⁻¹

Pour chaque clone et par colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes, au seuil de 5 %, selon le test de Newman et Keuls. DRC : extraits secs ; Sac : saccharose ; Pi : phosphore inorganique ; R-SH : groupements thiols.

For each clone and by column, the values followed by the same letter are not significantly different, at the 5% threshold, according to the Newman and Keuls test. DRC : dry rubber contain, Sac : sucrose, Pi : inorganic phosphorus, R-SH : thiol group.

Tableau 6 : Valeurs moyennes des paramètres physiologiques par traitement et tous clones confondus.
Average values of physiological parameters by treatment and all clones combined.

Traitements	DRC	Sac	Pi	R-SH	Profil physiologique
T3	47,45 a	5,43 a	17,15 a	1,09 a	Assez bien équilibré
T2	49,63 a	5,08 a	19,85 a	0,71 a	Assez bien équilibré
T1	49,03 a	6,44 a	17,85 a	0,85 a	Assez bien équilibré

Dans chaque cas et par colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes, au seuil de 5 %, selon le test de Newman et Keuls.

In each case and by column, the values followed by the same letter are not significantly different, at the 5% level, according to the Newman and Keuls test.

EFFET DU GLYPHOSATE SUR LES PROPRIÉTÉS TECHNOLOGIQUES DU CAOUTCHOUC DES HEVEAS

Les valeurs moyennes des propriétés technologiques par traitement et par clone sont consignées dans les tableaux 8 et 9. Comparativement aux normes ISO (Tableau 4), l'analyse du tableau 8 montre que quel que soit le clone et les traitements, les caoutchoucs issus des hévéas ont présenté des propriétés technologiques normales, sauf au niveau de la viscosité mooney (VM) où les valeurs ont été supérieures à 50 au lieu d'être inférieures à 50 (normes ISO) et au niveau de l'indice de rétention de la plasticité (PRI) où le traitement T2 du clone GT 1 a engendré la plus faible valeur (44,4) inférieure au seuil recommandé (≥ 50).

En outre, le tableau 8 montre que quel que soit le clone, (PB 217, GT 1 et PR 107), il n'y a eu aucune différence significative entre les traitements relativement à la plasticité initiale (PO) et aux taux d'azote étudiés. Chez le clone GT 1, les traitements T1 et T3 ont engendré des valeurs statistiquement identiques et supérieures à celle présentée par le traitement T2, notamment en ce qui concerne les impuretés et la plasticité au point 30 (P30). De même, en ce qui concerne la viscosité mooney (VM) chez le clone GT 1, les traitements T1 (84,0) et T2

(79,0) ont exprimé des valeurs statistiquement identiques et inférieures à celle affichée par le traitement T3 (90,0). Relativement à l'indice de rétention de la plasticité (PRI), aucune différence significative n'a été observée chez le clone PR 107, quel que soit le traitement. Par contre, chez les clones GT 1 et PB 217, les traitements T1 et T3 ont engendré des valeurs de PRI statistiquement identiques et supérieures à celle présentée par le traitement T2. Quant à la teneur en cendres, chez le clone GT 1, tous les traitements ont exprimé des valeurs statistiquement identiques. Chez le clone PB 217, les traitements T1 (0,28 %) et T2 (0,29 %) ont exprimé des valeurs de teneur en cendre statistiquement identiques et inférieures à celle affichée par le traitement T3 (0,37 %), tandis que chez le clone PR 107 les traitements T1 et T3 ont engendré des valeurs statistiquement identiques et inférieures à celle présentée par le traitement T2. En ce qui concerne la teneur en matières volatiles, l'analyse du tableau 7 montre que les valeurs varient en fonction des clones et les traitements. Chez les clones GT 1 et PB 217, les valeurs de teneur en matières volatiles engendrées par les traitements T2, T1 et T3 ont été respectivement et statistiquement classées dans l'ordre décroissant ; il en a été de même des valeurs de teneur en matières volatiles affichées par les traitements T1, T3 et T2 chez le clone PR 107.

Pour tous les clones confondus (Tableau 9, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des traitements T1 (52,7), T2 (50,7) et T3 (51,7) relativement à la plasticité initiale (P0)). Les valeurs de ce paramètre restent supérieures à la valeur de référence qui est de 30. Pour l'indice de rétention de la plasticité (PRI), les valeurs des traitements T1 (63,5), T3 (59,3) sont semblables, mais restent significativement différentes du traitement T2 (55,0). Les valeurs de ce paramètre, pour tous clones et traitements, restent supérieures à la valeur seuil (≥ 50). Les valeurs des trois traitements restent statistiquement identiques pour la viscosité mooney, les impurétés, les taux d'azote et des cendres. Pour chacun de ces paramètres, en dehors de la viscosité, la valeur de chaque traitement reste inférieure à la valeur

de référence. Ainsi, pour les impurétés, les taux de cendres et d'azote, les valeurs des traitements obtenues restent respectivement inférieures à 0,1 % ($\leq 1,0$), à 0,75 ($\leq 0,75$ %) et à 0,6 % ($\leq 0,6$ %). Pour le paramètre viscosité mooney, les valeurs des trois traitements (T1 = 87,3 ; T2 = 84,3 et T3 = 87,3) sont au-delà de la valeur de référence fixée à 50. Quant aux matières volatiles, les valeurs des traitements T1 (0,38 %) et T2 (0,39 %) sont statistiquement identiques et elles sont différentes de celle de T3 (0,28 %). Ces valeurs demeurent tout de même inférieures à la valeur seuil ($\leq 1,0$).

De toutes ces analyses et comparaison, il ressort que le Glyphosate (T3) n'a pas affecté de façon significative les différentes propriétés technologiques du caoutchouc étudiées.

Tableau 7 : Production moyenne des arbres de l'essai.

Average production of test trees.

Clones	Traitement	Production moyenne (g/arbre/saignée)
PB 217	T3	146,8 d
	T2	100 a
	T1	97,5 a
	moyenne	114,77
GT 1	T3	102 a
	T2	91,25 b
	T1	81,25 c
	moyenne	91,5
PR 107	T3	98,5 a
	T2	96 a
	T1	76,5 c
	moyenne	90,33
Tous clones	T3	115,77 e
	T2	95,75 a
	T1	85,05 c

Pour chaque clone et par colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes, au seuil de 5 %, selon le test de Newman et Keuls.

For each clone and by column, the values followed by the same letter are not significantly different, at the 5% threshold, according to the Newman and Keuls test.

Tableau 8 : Valeurs moyennes des propriétés technologiques des caoutchoucs par traitement et par clone.*Average values of technological properties of rubbers per treatment and per clone.*

Clones	Echantillons de caoutchouc	Propriétés technologiques obtenues							
		PO	P30	PRI	VM	Impuretés (%)	Matières volatiles (%)	Cendre (%)	Azote (%)
GT 1	T1	53,0 a	31,0 a	58,5 a	84,0 b	0,03 a	0,22 b	0,31 a	0,26 a
	T2	45,0 a	20,0 b	44,4 b	79,0 b	0,01 b	0,33 a	0,28 a	0,20 a
	T3	50,0 a	27,0 a	54,0 a	90,0 a	0,03 a	0,19 c	0,25 a	0,22 a
PB 217	T1	55,0 a	35,0 a	63,6 a	99,0 a	0,01 a	0,38 b	0,28 b	0,19 a
	T2	57,0 a	30,0 a	52,6 b	96,0 a	0,01 a	0,58 a	0,29 b	0,15 a
	T3	54,0 a	33,0 a	61,1 a	92,0 a	0,02 a	0,28 c	0,37 a	0,21 a
PR 107	T1	50,0 a	34,0 a	68,0 a	79,0 a	0,02 a	0,53 a	0,26 b	0,16 a
	T2	50,0 a	34,0 a	68,0 a	78,0 a	0,02 a	0,27 c	0,33 a	0,16 a
	T3	51,0 a	32,0 a	62,7 a	80,0 a	0,02 a	0,36 b	0,26 b	0,14 a

Pour chaque clone et par colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes, au seuil de 5 %, selon le test de Newman et Keuls ; PO : plasticité initiale ; PRI : indice de rétention de la plasticité ; VM : viscosité mooney.

For each clone and by column, the values followed by the same letter are not significantly different, at the 5% threshold, according to the Newman and Keuls test. Po : initial plasticity , PRI : plasticity retention index, VM : mooney viscosity.

Tableau 9 : Valeurs moyennes des paramètres technologiques du caoutchouc suivant les traitements pour tous clones confondus et valeurs seuil des paramètres selon SAR (1998).*Average values of technological parameters of rubber according to treatments for all clones combined and threshold values of parameters according to SAR (1998).*

Paramètres	Valeurs seuil	Valeurs moyennes obtenues par traitement tous clones confondus		
		T1	T2	T3
Po	≥ 30	52,7a	50,7a	51,7a
PRI	≥ 50	63,5a	55b	59,3a
VM	≤ 50	87,3a	84,3a	87,3a
Impuretés (%)	≤ 0,1	0,02a	0,01a	0,02a
Matières volatiles (%)	≤ 1,0	0,38a	0,39a	0,28b
Cendres (%)	≤ 0,75	0,28a	0,3a	0,29a
Azotes (%)	≤ 0,6	0,2a	0,17a	0,19a

Pour chaque paramètre technologique et par ligne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes, au seuil de 5 %, selon le test de Newman et Keuls ; PO : plasticité initiale ; PRI : indice de rétention de la plasticité ; VM : viscosité mooney.

For each technological parameter and by line, the values followed by the same letter are not significantly different, at the 5% threshold, according to the Newman and Keuls test Po : initial plasticity ; PRI : plasticity retention index ; VM : mooney viscosity.

EFFET DU GLYPHOSATE SUR LA PRODUCTION DES HEVEAS

Concernant la production des hévéas (Tableau VII) après la mise en place de l'essai, le PB 217 enregistre la plus grande production avec 114 g par arbre et par saignée alors que le GT 1 (91,5 g/arbre/saignée) et PR 107 (90,3 g/arbre/saignée) ont des productions identiques. Chez le PB 217, les hévéas traités au Glyphosate (T3 = 146,8 g/arbre/saignée) ont une production statistiquement différente et supérieure aux autres traitements T1 (97,5 g/arbre/saignée) et T2 (100 g/arbre/saignée) qui sont eux statistiquement identiques. Chez le GT 1, les hévéas ayant reçu du Glyphosate ont une production moyenne de 102 g/arbre/saignée supérieures et statistiquement différente des autres traitements, T1 et T2. Le traitement T2 (91, 25 g/arbres/saignée) qui représente des arbres parasités par les Loranthaceae a une production moyenne supérieure à celle du traitement T1 (81,25 g/arbre/saignée), traitement représentant les arbres sains et n'ayant pas reçu de Glyphosate. Chez le PR 107, les traitements T3 et T2 ont engendré des productions moyennes identiques statistiquement, et supérieures à celle de T1. Dans l'ensemble le traitement T3 (Glyphosate) avec une production moyenne de 115,77g/arbre/ saignée a occasionné la plus forte production, suivie du traitement T2 (95 g/arbre/saignée) et enfin le traitement T1 (85,05 g/arbre/saignée). Cela met en évidence l'effet du glyphosate (T3) sur l'augmentation de la production.

DISCUSSION

INFLUENCE DU GLYPHOSATE SUR LES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES DU LATEX DES HEVEAS

L'état physiologique des hévéas influence la productivité en caoutchouc des hévéas (Jacob *et al.*, 1988). Cet état physiologique peut s'évaluer en partie par l'appréciation des paramètres physiologiques du latex (extraits secs, saccharose, phosphore inorganique, groupements thiols) déterminés à l'aide de la méthode de micro-diagnostic latex (MDL) de Jacob *et al.* (1988). Ainsi, comparativement aux valeurs de référence établies par Jacob *et al.* (1987), le taux d'extraits secs a été très élevé (42,8 à 59,10 %) quels que soient le traitement et le clone, sauf au niveau du traitement T2 (hévéas parasités par les Loranthaceae et non

traités) du clone PR 107 où il a été élevé (36,3 %). Ces taux d'extrait sec allant de élevés à très élevés expliquent une bonne régénération du latex exporté lors de la saignée car les extraits secs, matière sèche du latex, traduisent l'efficacité de la synthèse isoprénique au sein des cellules laticifères (Jacob *et al.*, 1988).

Au niveau du saccharose, les teneurs ont été plus importantes chez le clone PB 217 (clone à métabolisme lent) que chez les clones GT 1 (clone à métabolisme modéré) et PR 107 (clone à métabolisme lent), quel que soit le traitement. Ces caractéristiques concernant la teneur en saccharose ainsi observée proviennent du mode de fonctionnement métabolique des clones de ces différentes classes métaboliques. En effet, les clones à métabolisme lent, contrairement à ceux à métabolisme modéré, ont intrinsèquement une teneur en saccharose du latex élevée et une faible énergie métabolique initiale qui ne permet pas d'activer suffisamment le métabolisme de la production de caoutchouc (Gohet, 1996). A cet effet, le clone PR 107 qui ayant exprimé une teneur inférieure à celle du clone PB 217 malgré qu'ils appartiennent à la même métabolique vient de ce que, selon Koffi *et al.* (2004), au sein d'un même métabolisme, les clones peuvent s'exprimer de différentes manières face à un même traitement. De même, cette cause traduit le fait que les teneurs en phosphore inorganique engendrées par les traitements T1 (hévéas non injectés et absence de touffes de Loranthaceae) et T2 (hévéas non injectés et parasités par les Loranthaceae et non traités) du clone PB 217 se sont distinguées de celles des autres clones, surtout le PR 107, de par leur niveau plus élevé.

Les groupements thiols, quant à eux, constituent un paramètre majeur du diagnostic latex. En effet, leur teneur reflète, en partie, la capacité des laticifères à se protéger de la production de molécules de formes actives d'oxygène (FAO: O_2^- , OH^- et H_2O_2) qui s'avèrent très toxiques par leurs effets d'oxydation destructive au niveau des cellules laticifères. Ces formes actives d'oxygène participent généralement à la sénescence des cellules laticifères (Jacob *et al.*, 1988). Ainsi, chez les clones PB 217 et GT 1 où le traitement T3 (hévéas parasités par les Loranthaceae et traités avec 10 mL de glyphosate 30 g/L) a engendré des teneurs en groupements thiols plus importantes que celles exprimées par les T1 et T2 pourrait traduire que l'injection de 10 ml de Glyphosate 360 g/L à l'hévéa protège ce dernier contre la sénescence des cellules laticifères due à la production de

molécules de formes actives d'oxygène.

Par ailleurs, le profil physiologique passablement équilibré chez le clone GT 1 (quel que soit le traitement) traduit une exploitation plus ou moins excessive des hévéas (Adou *et al.* 2017, 2018a et b). Selon ce même auteur, chez les clones PB 217 et PR 107, le profil physiologique allant de « assez bien équilibré » à « bien équilibré » expriment une bonne adaptation des hévéas aux traitements qui leur sont appliqués.

En outre, les résultats obtenus ont montré que chez les clones PB 217, GT 1 et PR 107, il n'y a aucune différence significative entre les traitements quels que soient les paramètres physiologiques du latex étudiés. Sauf pour les clones GT 1 et PR 107 chez lesquels une variabilité a été notée entre les traitements en ce qui concerne le paramètre ExS (extraits secs). Selon ces résultats, l'injection du glyphosate n'a pas influencé les paramètres physiologiques tels que Sac (saccharose), Pi (phosphore inorganique) et R-SH (groupements thiols) quel que soit le traitement et le clone utilisé. Cela peut s'expliquer par le fait que ces paramètres ne soient pas influençables par des facteurs extérieurs ; mais plutôt gouvernés par un gène qui serait le même chez les clones. En revanche, il a été noté que les teneurs en extraits secs du latex ont varié chez les clones GT 1 et PR 107 selon les doses de glyphosate injectées. Cependant, chez le clone PB 217 aucune variabilité n'a été notée. Le clone PB 217 semble tolérant à l'injection de glyphosate. Chez le clone GT 1 infesté par les Loranthaceae, les teneurs en extraits secs de latex ont été plus élevées en l'absence d'injection de glyphosate. Or, quand l'on injecte du glyphosate en présence de Loranthaceae, les teneurs en extraits secs de latex présentent les mêmes valeurs que celles du témoin (non infesté et sans glyphosate). Ces résultats indiquent que la réaction du clone GT 1 à l'infestation des Loranthaceae conduit à une augmentation des teneurs en extraits secs de latex. Il est ainsi probable que l'apport de Glyphosate inhibe cette réaction. Le parasitisme des Loranthaceae sur le clone GT 1 favorise une augmentation des teneurs en extraits secs de latex. Concernant le clone PR 107, les teneurs très élevées en extraits secs de latex ont été obtenues avec des plantes non infestées ou par injection de Glyphosate lorsque les plantes sont infestées. Ces résultats laissent penser que le clone PR 107 est sensible à l'infestation des Loranthaceae. D'après ce qui précède, les trois clones

qui ont été étudiés, ont observé des comportements différents vis-à-vis de l'infestation des Loranthaceae ; et de façon générale, le Glyphosate n'a pas impacté les paramètres physiologiques du latex. En effet, les travaux de Wahounou *et al.* (2012) ont montré que 10 ml de Glyphosate 360 g/l n'a aucun effet sur la production de l'arbre. Or, la production de l'arbre est déterminée principalement par les quatre paramètres du latex qui entrent dans la biosynthèse du latex. La production de l'arbre n'étant pas affectée par le Glyphosate 360 g/l signifie que les paramètres physiologiques impliqués en amont dans le métabolisme du latex ne seraient pas affectés par le Glyphosate 360 g/l. Ce résultat est conforme à celui de M'pika *et al.* (2017).

INFLUENCE DU GLYPHOSATE SUR LES PROPRIÉTÉS TECHNOLOGIQUES DU CAOUTCHOUC DES HEVEAS

Dans cette étude, les propriétés technologiques étudiées dans le cadre de l'analyse des échantillons de caoutchouc de l'hévéa sont les impuretés, les cendres, la plasticité initiale (Po), l'indice de rétention de la plasticité (PRI), l'azote, les matières volatiles et la viscosité mooney (VM). Globalement, dans la présente investigation, ces propriétés ont obéi aux normes ISO affichées dans le deuxième numéro du manuel SAR de 1998. Ceci traduit que le métabolisme ou processus aboutissant à la biosynthèse du caoutchouc dans l'hévéa n'est pas affecté par le Glyphosate 360 g/l (Compagnon, 1986). Il justifie également pourquoi les paramètres physiologiques du latex et les propriétés technologiques du caoutchouc de l'hévéa ne sont pas affectés par le Glyphosate (N-Phosphonomethyl-glycine) qui est un herbicide systémique. En effet, après injection et translocation, le Glyphosate migre dans les feuilles (de Loranthaceae) où se trouve sa cible, l'enzyme 5-enolpyruvoyl-shikimate-3-phosphate synthase (EPSPS). Cette enzyme catalyse la synthèse des composés aromatiques (Glycine entre autres). Après fixation, l'action de cette enzyme est inhibée par le Glyphosate et le processus de synthèses des composés aromatiques est bloqué. Ainsi, le Glyphosate tueait les herbes par carence nutritionnelle. Pour Compagnon (1986), la voie d'action du Glyphosate ainsi décrite et celle de la biosynthèse du latex sont séparées. Cette séparation d'action pourrait donc expliquer pourquoi le Glyphosate n'affecte ni les paramètres

physiologiques du latex, ni les propriétés technologiques du caoutchouc. Bien que l'action du Glyphosate n'affecte pas la voie de biosynthèse du latex, le Glyphosate pourrait se trouver sous forme de résidus dans le latex et affecterait par conséquent le taux d'impureté du caoutchouc. Toutefois, il n'en est pas ainsi car après injection, le Glyphosate se dégrade en Acide aminométhylphosphonique (AMPA) et ensuite en composés simples (eau, gaz carbonique, ion phosphate...). Par conséquent, le Glyphosate injecté à l'hévéa ne constitue donc pas une impureté. Les impuretés déterminées dans cette étude ne proviendraient pas des 10 ml de Glyphosate 30 g/L injectés dans les hévéas.

Par ailleurs, la viscosité mooney est supérieure à 50 au lieu d'être inférieures à 50 comme le recommandent les normes ISO, ceci, même chez les caoutchoucs issus des hévéas non injectés avec du Glyphosate. Cette propriété serait tributaire de divers facteurs dont le clone, les conditions de conservation du caoutchouc avant usinage, les conditions environnementales, etc. Cette augmentation de la viscosité ne pourrait être attribuée exclusivement au Glyphosate.

INFLUENCE DU GLYPHOSATE SUR LA PRODUCTION DES HEVEAS

Les arbres ayant reçu l'injection de Glyphosate tous clones confondus (T3) ont une production moyenne de caoutchouc (115,77 g/arbre/saignée) supérieure à celles des hévéas parasités de Loranthaceae (T2 = 95,75g/arbre/saignée) et des hévéas sains (T1 = 85,05 g/ arbre/saignée). Le Glyphosate exercerait une action stimulatrice sur la production. De plus, la différence de production clonale entre les hévéas sains (T1) et les hévéas paraisté(T2) serait liée à l'action des Loranthaceae qui exercent sans cesse une force de succion pour la remontée de la sève brute ; et qui favorise l'écoulement du latex après chaque saignée. Par ailleurs, plus de trois mois après l'injection du Glyphosate, les hévéas n'arrivent pas à refolié et les quelques feuilles qui apparaissent sont grêles. Cela est très marqué chez le PR 107. Le Glyphosate aurait un impact dépressif sur l'aspect morphologique des hévéas, notamment sur le processus de formation des feuilles.

CONCLUSION

Le Glyphosate 360g/l a été testé dans la lutte contre les Loranthaceae en hévéaculture.. Les

résultats obtenus dans le cadre de cette étude sont intéressants. En effet, quel que soit le résultat issu de la lutte contre les Loranthaceae avec du Glyphosate, cette méthode de lutte ne peut être vulgarisée si la molécule (Glyphosate) a des effets négatifs sur les paramètres physiologiques du latex que sont l'extrait sec, le saccharose, le phosphore inorganique et les thiols. Il en est de même pour les propriétés technologiques du caoutchouc. La présente étude montre qu'il n'en est rien ; le Glyphosate 360 g/l n'affecte ni les paramètres physiologiques du latex, ni les propriétés technologiques du caoutchouc. La lutte contre les Loranthaceae avec du Glyphosate peut donc se poursuivre, si son retrait annoncé ne constitue pas un frein ou si une molécule alternative est trouvée à court terme. De plus, son impact sur la morphologie des hévéas devra être élucidé.

REFERENCES

- Adou B. Y. C., Atsin G. J. O., Essehi J. L., Ballo K. E., Soumahin E. F., Obouayeba A. P., Kouakou T. H. and Obouayeba S. 2017. Latex micro diagnosis, modern management tool of rubber plantations of clones with moderate metabolism GT 1, RRIC 100 and BPM 24. *Journal of Applied Biosciences*. 121 : 12098 - 12109.
- Adou B. Y. C., Okoma K. M., Obouayeba A. P., Atsin G. J. O., Ballo E. K., Essehi J. L., Wahounou P. J., Soumahin E. F., Kouakou T. H. and Obouayeba S. 2018a. Latex Micro Diagnosis, Modern Management Tool of Rubber Plantations of Clones With Active or Rapid Metabolism IRCA 18, IRCA 130, PB 235, PB 260 and PB 330. *European Scientific Journal*, 14 (3) : 384 - 407.
- Adou B. Y. C., Okoma K. M., Obouayeba A. P., Atsin G. J. O., Ballo E. K., Essehi J. L., Wahounou P. J., Soumahin E. F., Kouakou T. H. and Obouayeba S. 2018 b. Contribution of Latex Micro Diagnosis to Modern Management of Rubber Plantations: Case of Clones With Low or Slow Metabolism PB 217 and PR 107. *European Scientific Journal*, 14 (9) : 312 - 329.
- Ahamidé D. Y. I., Tossou M. G., Adomou A. C., Houenon G. J., Yedomonhan H. and Akoegninou A. 2015. Diversité, impacts et usages des Loranthaceae parasites de *Cola nitida* (Vent.) Schott. & Endl. au Sud-Bénin. *Journal of Biology Chemistry Sciences*, 9 (6) : 2859 - 2870.
- Amon A. D. E., Soro D., N'guessan K., Traoré D. 2010. Les Loranthaceae: plantes vasculaires des arbres et arbustes, au Sud-Est de

- la Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 25 : 1565 -1572.
- Aswell G. 1957. Colorimetric analysis of sugar. Methods Enzymology, 3 : 73 - 105.
- Boyne A. F. and Ellman G. I. 1972. A methodology for analysis of tissue sulphhydryl components. Analytical Biochemistry, 46 : 639 - 653.
- Chapuset T. 2001. Description des clones étudiés à grande échelle. Rapport CNRA-HEVEA n°01/01-A- Mai 2001, 36 p.
- CIRAD. 1993. Recueil de fiches de clones Hévéa. CIRAD-Cultures pérennes, édition Montpellier, France, 20 p.
- Compagnon P. 1986. Le caoutchouc naturel. Biologie, culture, production. Edition Maisonneuve et Larose. Paris. 595 p.
- Eschbach J. M. and Tonnelier M. 1984. Influence de la méthode de la stimulation, de la concentration du stimulant et de la fréquence de son application sur la production du clone GT1 en Côte d'Ivoire. In : Comptes-rendu du Colloque IRRDB Exploitation-physiologie et amélioration de l'hévéa. GERDAT-IRCA; IRRDB. Paris : GERDAT-IRCA, 295 - 305. Colloque IRRDB exploitation-physiologie et amélioration de l'hévéa, Montpellier, France, 9 Juillet 1984 /12 Juillet 1984.
- Edagbo D. E, Ighere D. A, Michael C. 2013. Mistletoe (*Tapinanthus bangwensis*) on the Conservation Status and Productivity of *Irvingia gabonensis* in Moor Plantation Area of Ibadan, Nigeria. Green Journal of Agricultural Sciences, 3 (10) : 743 - 747.
- Houénon G. J. 2012. Les Loranthaceae des Zones Guinéenne et Soudano-Guinéenne au Bénin et leur Impact sur les plantations Agrumicoles. Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey-Calavi (Bénin), 133 p.
- Glatzel G., Geils B. W. 2009. Mistletoe Ecophysiology : Host-Parasite Interactions. Botany, 87: 10 - 15.
- Gohet E. 1996. La production de latex par *Hevea brasiliensis*. Relations avec la croissance. Influence de différents facteurs : origine clonale, stimulation hormonale, réserves hydrocarbonées. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Université des Sciences et Techniques de Languedoc, Montpellier II (France), 343 p.
- Jacob J. L., Lacrotte R., Serres E. and Roussel D. 1987. Les paramètres physiologiques du latex d'*Hevea brasiliensis*. Le diagnostic latex, ses bases et sa mise au point. Rapport IRCA, 41 p.
- Jacob J. L., Serres E., Prevot J. C., Lacrotte R., Clement-Vidal A., Eschbach J. M. and D'Auzac J. 1988. Mise au point du diagnostic latex. Agritrop, 12 : 97 - 118.
- Koffi A. A. 2004. Evaluation de l'incidence des Loranthaceae sur la productivité de *Hevea brasiliensis* (Kunth) Müll. Arg. à Anguédédou (Sud de la Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA de Botanique, Université de Cocody -Abidjan (Côte d'Ivoire), 52p.
- Koffi K. E., Elabo A. A. E. and Gnanagne Y. M. 2004. Qualité sélective des paramètres physiologiques dans la sélection précoce de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), Agonomie Africaine, 16 (3) : 1-10.
- M'pika J., Wahounou P. J, Kossonou A. K, Soumahin E. F, Konan E., Gnagne M. and Obouayeba S. 2017. Chemical control of *Phragmanthera capitata* in plantations of three clones (GT 1, PB 235 and PB 217) of *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae) in Côte d'Ivoire, Journal of Animal & Plant 32 : 5212 - 5222.
- Salié G, Tuquet C. and Raynal-Roques A. 1998. Biologie des Phanérogames parasites. Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie et de ses filiales 192 : 9 - 36.
- SAR. 1998. Le caoutchouc standard africain, spécifications et procédures d'analyses. Association Professionnelle du caoutchouc naturel en Afrique (ACNA). Manuel SAR N°2, 128 p.
- Wahounou P. J., M'pika J., Obouayeba S. and Gnonhour G. P. 2012. Preliminary survey of chemical fight against *Phragmanthera capitata* (Sprengel) S. Balle (Loranthaceae) on three clones of *Hevea brasiliensis* (GT1, PB 235, PB 217) in Cote d'Ivoire. In: *Hevea Diseases in Africa*. Rubber Research, Institute of Nigeria (RRIN) in collaboration with International Rubber Research and Development Board (IRRDB) 5th - 7th June, Nigeria, 22p.
- Wahounou P. J. and M'pika J. 2013. La recherche ivoirienne face à la maladie des feuilles de l'hévéa causée par *Corynespora cassiicola*. Rapport annuel de CNRA 2013.
- Tausky H. H. and Shorr E. 1953. A micro colorimetric method for the determination of inorganic phosphorus. Journal of Biology and Chemistry, 202 : 675 - 685.