

## RÉPONSE DES CLONES D'HÉVÉAS MATURES GT 1, PB 235, et PB 217 AUX DIFFÉRENTES DOSES D'ENGRAIS MINÉRAUX DANS LE SUD-OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE

Jean Lopez ESSEHI<sup>1\*</sup>, Eric Francis SOUMAHIN<sup>2</sup>,  
Yamoussou Joseph ALLE<sup>3</sup>, Djézou KONAN<sup>4</sup>, Antoine KOFFI<sup>2</sup>  
et Samuel OBOUAYEBA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centre National de Recherche Agronomique, Laboratoire Central Sols, Eaux et Plantes, Programme Gestion Durable des Sols et Maîtrise de l'Eau, BP 633 Bouaké, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département de Biologie, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Recherche de Ferkessedougou, Programme Canne à Sucre, BP 121 Ferkessedougou, Côte d'Ivoire

<sup>4</sup>Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Recherche de Bimbresso, Programme Hévéa, 01 BP 1536 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

(reçu le 24 Juillet 2024; accepté le 05 Novembre 2024)

\* Correspondance, e-mail : [lopezessehi@gmail.com](mailto:lopezessehi@gmail.com)

### RÉSUMÉ

Ce travail étudie l'effet des fumures azotée, phosphatée et potassique en application seule ou en association, et différentes doses d'engrais complet (NPKMg 8-4-20-4) sur la croissance isodiamétrique radiale, la production du caoutchouc et la teneur des feuilles en éléments minéraux des clones GT 1, PB 235 et PB 217 d'*Hevea brasiliensis* dans des parcelles de la Société Civile Agricole du Sud-Ouest en Côte d'Ivoire. Les applications d'engrais ont été effectuées sur les parcelles élémentaires de 84 à 100 arbres dans deux dispositifs (factoriel et bloc de Fischer). Les données sur la croissance isodiamétrique radiale et la production de caoutchouc ont été collectées. Des analyses foliaires ont été faites avant et après les expérimentations. Les résultats obtenus ont révélé que les apports de doses croissantes de fumures azotée, phosphatée et potassique sont restées sans effets apparents sur la croissance des hévéas. Également, de faibles gains de production de caoutchouc allant de 1,5 à 5 % quel que soit le clone d'hévéa observés, ont été observés. Ces apports d'engrais, sans connaître au préalable le statut physico-

chimique des sols, ont parfois provoqué des baisses de production en créant ou accentuant des déséquilibres entre les minéraux du sol. De ces résultats, nous recommandons que les politiques de fertilisation en plantation mature d'hévéa doivent être conduites en tenant compte du niveau de fertilité locale du sol, de la nature, de la fréquence et de la période d'apports des engrais, pour avoir une meilleure appréciation de l'effet des fertilisants minéraux sur les paramètres agronomiques de l'hévéa.

**Mots-clés :** *fertilisation minérale, production de caoutchouc, Hevea brasiliensis, Côte d'Ivoire.*

## ABSTRACT

### **Response of mature rubber clones gt 1, pb 235, and pb 217 to different doses of mineral fertilizers in the South-West of Côte d'Ivoire**

This study investigated the effect of nitrogen, phosphate and potassium fertilizers applied alone or in combination, and different doses of complete fertilizer (NPKMg 8-4-20-4) on radial isodiametric growth, rubber production and leaf mineral content of *Hevea brasiliensis* clones GT 1, PB 235 and PB 217 in plots belonging to the Société Civile Agricole du Sud-Ouest in Côte d'Ivoire. Fertilizer applications were carried out on elementary plots of 84 to 100 trees in two set-ups (factorial and Fischer block). Data on radial isodiametric growth and rubber production were collected. Leaf analyses were carried out before and after the experiments. The results showed that increasing doses of nitrogen, phosphate and potassium fertilizers had no apparent effect on rubber tree growth. In addition, small gains in rubber production were observed, ranging from 1.5 to 5 % for all rubber clones. These fertilizer applications, without any prior knowledge of the soil's physics and chemical status, have sometimes led to a decrease in yields by creating or accentuating imbalances between soil minerals. Based on these results, we recommend that fertilization policies on mature rubber plantations should consider local soil fertility levels, as well as the nature, frequency and timing of fertilizer applications, to gain a better appreciation of the effect of mineral fertilizers on rubber agronomic parameters.

**Keywords :** *mineral fertilization, rubber production, Hevea brasiliensis, Côte d'Ivoire.*

## I - INTRODUCTION

Après son indépendance, la Côte d'Ivoire a fondé son développement économique sur l'agriculture. Le secteur agricole de la Côte d'Ivoire, représentant environ 33 % du PIB et 70 % des recettes nationales d'exportation, emploie plus de deux-tiers de la population active du pays. Cette agriculture, qui était basée essentiellement sur le binôme café-cacao, constituait jusqu'à une époque récente les deux piliers de l'économie ivoirienne. L'essoufflement des deux spéculations (café-cacao) constaté depuis les années 80, a imposé à l'Etat de Côte d'Ivoire, une politique de diversification des cultures industrielles ou d'exportation telles que le palmier à huile, le cocotier, le cotonnier, l'anacardier, la canne à sucre et l'hévéa [1] et plus récemment l'anacarde et la mangue. Dans cette politique de diversification culturelle, l'hévéa occupe une place importante au sein du secteur agricole ivoirien, moteur du développement économique du pays. L'hévéa contribue largement aux recettes d'exportation du pays et occupe le 3<sup>e</sup> rang dans les secteurs d'exportation derrière le cacao et le pétrole [2]. La filière hévéicole en Côte d'Ivoire, leader en Afrique, a produit en 2023 plus d'un million de tonnes de caoutchouc naturel, soit 80 % du latex du continent et pointe désormais au 3<sup>e</sup> rang mondial derrière les mastodontes asiatiques (la Thaïlande et l'Indonésie). Malgré cette performance sur le plan mondial, la filière Hévéa espère davantage.

Elle ambitionne produire, aujourd'hui, 2 millions de tonnes par an. Pour y parvenir, la filière entreprend, depuis les années 2000, avec l'appui du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) plusieurs activités de recherche visant à améliorer la productivité de l'hévéa. Il s'agit principalement de la création variétale, de la sélection et de l'importation de clones d'hévéa performants adaptés aux conditions environnementales locales, de la surveillance parasitaire nationale et de la gestion durable de la fertilité des sols. La fertilité des sols est une préoccupation des agronomes surtout en milieu tropical. Longtemps considérée comme l'une des solutions à la gestion durable du sol, la fumure minérale est une substance destinée à fournir aux plantes, par l'intermédiaire du sol, les éléments nécessaires à leur nutrition. Il peut s'agir d'un ou plusieurs éléments minéraux, jugés insuffisamment abondants dans le sol pour nourrir les cultures. La fertilisation minérale semble être en partie, une réponse plausible à ces préoccupations dans la mesure où des travaux de nombreux auteurs ont montré qu'elle permet d'améliorer ou de maintenir le potentiel de production du caoutchouc de l'hévéa. Selon Compagnon [3], comme toutes les plantes, l'hévéa a besoin d'éléments minéraux qu'il puise dans le sol, avec l'eau, par son système racinaire. Ces éléments minéraux sont transportés par les vaisseaux du bois jusque dans les feuilles où ils

contribuent au fonctionnement des cellules qui élaborent, par la photosynthèse, les substances organiques indispensables aux diverses fonctions métaboliques de l'hévéa (croissance végétative, production de caoutchouc, régénération du latex, la régénération de l'écorce etc) [3]. Le maintien de ces activités en vue d'un haut rendement de l'hévéa pourrait entraîner un épuisement du sol en besoins nutritifs qui serait préjudiciable à la production ultérieure de caoutchouc naturel, si une compensation par la fertilisation n'y est pas assurée. Elle apparaît d'autant plus nécessaire que les productions de caoutchouc peuvent être importantes, avec les clones et les technologies de récolte du latex performants ( $1700 \leq \text{rendement} \leq 2500 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$  [4, 5] et peuvent ainsi susciter des exportations de minéraux toutes aussi conséquentes. Par ailleurs, les hauts niveaux de production de caoutchouc obtenus ne peuvent naturellement être maintenus sur le long terme notamment sur toute la durée de vie économique [6] sans conséquences dommageables sur les hévéas. L'objectif général de ce travail est de contribuer à améliorer la productivité de l'hévéa, par l'utilisation rationnelle des engrais minéraux. Spécifiquement, il s'agira de comparer l'effet des fumures azotée, phosphatée et potassique en application seule ou en association, et différentes doses d'engrais complet (NPKMg 8-4-20-4) sur la croissance isodiamétrique radiale des arbres, la production du caoutchouc et la teneur des feuilles en éléments minéraux des clones d'hévéas.

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

### II-1. Milieu d'étude

L'étude a été menée à la station expérimentale du GO, actuelle Société Civile Agricole du Sud-Ouest (SCASO), au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Les coordonnées géographiques de la région sont :  $4^{\circ}45'N$  et  $6^{\circ}38'O$ . Cette partie du pays est recouverte par la forêt dense humide. Les sols, très profonds avec apparition par endroit de cuirasses latéritiques, sont de nature ferrallitique fortement désaturé en bases (Ca et Mg). La texture à dominance argilo-sableuse dès les 50 premiers centimètres, sont issus des dérivés schistes [7]. Le climat du milieu est humide avec 4 saisons dont 2 sèches et 2 pluvieuses. Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre 1800 et 2000 mm de pluie avec des températures moyennes annuelles de  $25^{\circ}C$  [8]. L'insolation est estimée à 1500 heures et une humidité relative de 90 %.

### II-2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans les différentes expérimentations est constitué de trois clones GT 1, PB 235 et PB 217 de *Hevea brasiliensis* plantés à une densité de 510 arbres/ha (7 m x 2,8 m). Ces 3 clones appartiennent respectivement à la classe des clones à métabolisme modéré, rapide et lent.

### II-3. Méthodes

L'expérimentation a démarré à la mise en saignée des hévéas après 5 à 6 ans de plantation. Les arbres ont été exploités en S/2 d3 6d/7 ET2.5 % Pa 1(1) 4/y pour les clones GT 1 et PB 235 et en S/2 d3 6d/7 ET2.5% Pa1(1) 8/y pour le clone PB 217.

#### ◆ *Essai de fertilisation N×P×K sur le clone GT 1*

Le dispositif statistique est un factoriel (N x P x K) avec 2 répétitions (*Tableau 1*). Ce dispositif comprend 3 traitements pour la fumure azotée (0, 80 et 160 g de N/arbre/an), 2 traitements pour la fumure phosphatée (0 et 50 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/arbre/an) et enfin 4 traitements pour la fumure potassique (0, 200, 400 et 600 g K<sub>2</sub>O/arbre/an). Chaque parcelle élémentaire comprend 100 arbres. L'épandage des engrais, qui a lieu une fois par an à la refoliation en avril, a été effectuée à la volée dans l'interligne des hévéas. L'expérimentation a duré 7 ans.

**Tableau 1 :** *Traitements appliqués dans l'essai N×P×K sur le clone GT 1*

Type de fumures appliquées	Doses de fertilisants appliquées (g)		
	N/arbre/an	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /arbre/an	K <sub>2</sub> O/arbre/an
Fumure azotée (Urée à 46 % N)	0	-	-
	80		
	160		
Fumure phosphatée (PCa <sub>3</sub> )	-	0	-
	-	50	
Fumure potassique (KCl)	-	-	0
			200
			400
			600

#### ◆ *Essai de fertilisation NPKMg (8-4-20-4) sur le clone PB 235*

Le dispositif expérimental est en blocs de Fisher de 4 traitements ou doses répétés 4 fois. Chaque parcelle élémentaire comprend 100 arbres. La fumure apportée dans cet essai est composée d'engrais complet NPKMg selon la formule 8-4-20-4 (*Tableau 2*). La fertilisation a été effectuée à la volée dans l'interligne des hévéas. Elle a lieu une fois par an, à la refoliation des hévéas, en avril. L'essai a duré 7 ans.

**Tableau 2 :** Traitements appliqués selon la formule NPKMg sur le clone PB 235

Traitements appliqués	Doses de fertilisants appliquées (g)				
	N/arbre/an	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /arbre/an	K <sub>2</sub> O/arbre/an	MgO/arbre/an	Total
0 Dose	0	0	0	0	<b>0</b>
1 Dose	80	40	200	40	<b>360</b>
2 Dose	160	80	400	80	<b>720</b>
3 Dose	240	120	600	120	<b>1080</b>

◆ **Essai de fertilisation (N×K) sur le clone PB 217**

L'essai a été mis en place selon un dispositif statistique factoriel N x K avec 2 répétitions (**Tableau 3**). Ce dispositif comprend 8 traitements dont 4 pour la fumure azotée (0, 100, 200 et 400 g de N/arbre/an) et 4 autres pour la fumure potassique (0, 150, 300 et 600 g K<sub>2</sub>O/arbre/an). Chaque parcelle comprend 84 arbres. La fumure a été apportée 2 fois par an avec une demi (½) dose à la refoliation des hévéas en avril, un quart (¼) de dose en juillet et en novembre. L'essai a duré 4 années.

**Tableau 3 :** Traitements appliqués dans l'essai N×K sur le clone PB 217

Type de fumures appliquées	Doses de fertilisants appliquées	
	N/arbre/an	K <sub>2</sub> O/arbre/an
Fumure azotée (urée à 46 % N)	0	-
	100	
	200	
	400	
Fumure potassique (KCl)	-	0
	-	150
	-	300
	-	600

## II-4. Collecte de données agronomiques

### II-4-1. Croissance isodiamétrique du tronc des arbres

La circonférence, à 1,70 m du sol du tronc des hévéas, a été mesurée à la mise en place des essais et annuellement avant le début de la défoliation. A partir des mesures effectuées, l'accroissement moyen annuel de circonférence des arbres a été calculé selon la **Formule** suivante :

$$Acc_n = Circ_n - Circ_{n-1} \quad (1)$$

*Acc<sub>n</sub>*: Accroissement annuel de circonférence ; *Circ<sub>n</sub>*: Circonférence des arbres de la campagne en cours ; *Circ<sub>n-1</sub>*: Circonférence des arbres de la campagne précédente.

#### ***II-4-2. Production de caoutchouc***

La production de caoutchouc de chaque traitement a été pesée toutes les 4 semaines à l'aide d'une balance. Des échantillons du coagulum ont été prélevés pour chaque traitement en vue de déterminer le coefficient de transformation qui a permis de calculer la production de caoutchouc sec exprimée en grammes par arbre par saignée (g/a/s), puis en kilogrammes par hectare par an (kg/ha/an).

#### ***II-4-3. Diagnostic ou analyse foliaire***

Le diagnostic foliaire (DF) a été réalisé sur des feuilles adultes (en juillet, environ 100 jours après la refoliation) prélevées au bas des branches. L'analyse a été effectuée par traitement et par répétition au début et à la fin de l'expérimentation. Les paramètres analysés au laboratoire ont été l'azote total (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Les paramètres analysés ont été l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). L'analyse de N dans les plantes a été réalisée par attaque à l'acide sulfurique concentré, à chaud, en présence de catalyseur, tel que décrit par le principe de Kjeldahl. L'azote fixé par l'acide sulfurique à l'état de sulfate d'ammonium est distillé, puis dosé par titrimétrie. La teneur en P a été déterminée par la mesure de l'intensité au colorimètre dans le bleu à 460  $\mu$  après formation du complexe phosphovanadomolybdique jaune en milieu acide. La détermination de la teneur en K a été réalisée par spectrométrie d'absorption atomique, en comparant l'intensité d'émission de la solution contenant l'élément K à déterminer avec le standard contenant la quantité connue de cet élément.

#### **II-5. Traitements des données**

Les données sur l'accroissement moyen annuel de la circonférence, la production de caoutchouc et la teneur des feuilles en minéraux ont été saisies et traitées à l'aide du tableur Excel. Des analyses de variance (ANOVA) à un facteur ont été effectuées pour évaluer l'effet des traitements appliqués sur les paramètres suscités. Les valeurs moyennes ont été classées selon la méthode de la plus petite différence significative (ppds) de Fisher. Les probabilités ont été évaluées au seuil de  $\alpha = 5\%$ . Le logiciel Statistica version 7.1 a été utilisé pour toutes les analyses et les différents graphes par le tableur Excel.

### III - RÉSULTATS

#### III-1. Effets des fumures minérales appliquées sur la croissance végétative radiale des hévéas

##### III-1-1. Effet de la fumure azotée sur la croissance végétative radiale du clone GT 1

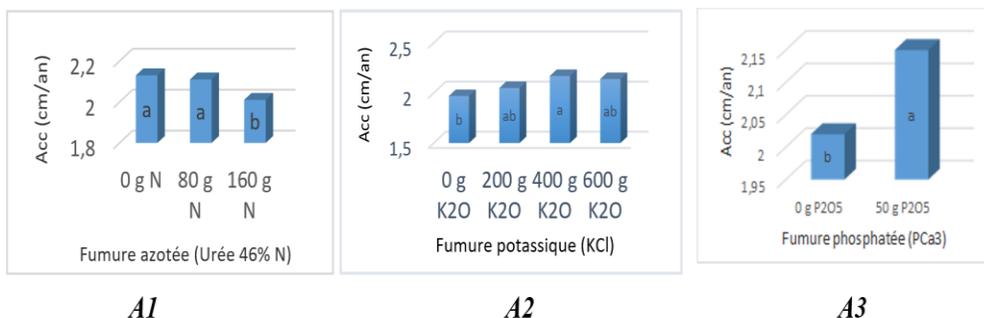
L'analyse de variance réalisée sur les accroissements moyens annuels de la circonférence des arbres a présenté une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les traitements considérés (**Figure 1**). Les meilleurs accroissements moyens annuels obtenus sont de 2,11 et 2,13 cm/an respectivement pour les traitements (80 g de N et 0 g de N), contre 2,0 cm/an pour la dose de 160 g de N.

##### III-1-2. Effet de la fumure phosphatée sur la croissance végétative radiale du clone GT 1

L'analyse statistique de l'accroissement moyen de la circonférence des arbres a montré également une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les deux traitements phosphatés appliqués aux arbres (**Figure 1**). Les valeurs de l'accroissement moyen des arbres ont été de 2,15 cm/an pour le traitement 50 g de  $P_2O_5$  et de 2,02 cm/an pour le traitement sans apport d'engrais (0 g  $P_2O_5$ ).

##### III-1-3. Effet de la fumure potassique sur la croissance végétative radiale du clone GT 1

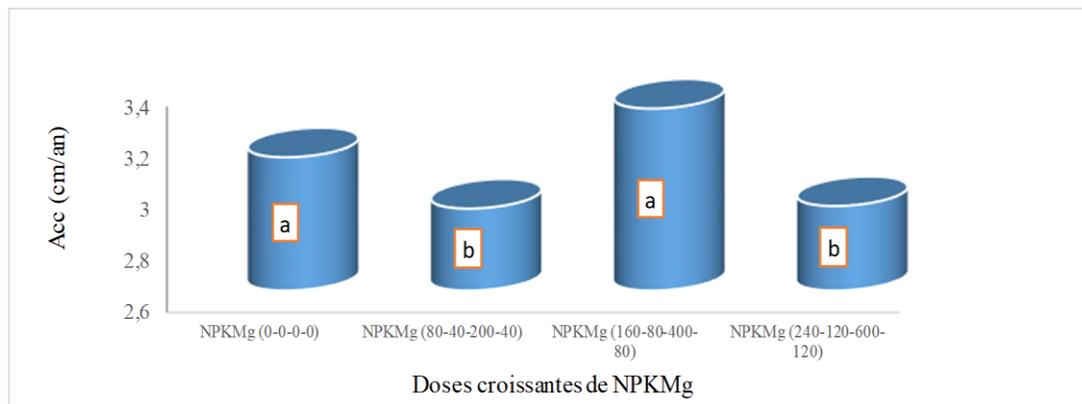
La **Figure 1** présente les résultats de l'analyse de variance de l'accroissement moyen de la circonférence des arbres traités avec la fumure potassique. Ces résultats ont révélé des différences significatives entre les traitements appliqués ( $p < 0,05$ ). Comparé au traitement témoin sans engrais (0 g de  $K_2O$ ), c'est le traitement (400 g de  $K_2O$ /arbre) qui a enregistré le meilleur accroissement moyen annuel de la circonférence des arbres, soit 2,17 cm/an.



**Figure 1** : Effets respectifs de la fumure azotée (A1), potassique (A2) et phosphatée (A3) sur la croissance végétative radiale du clone GT 1

### III-1-4. Effet de l'engrais complet NPKMg sur la croissance végétative radiale du clone PB 235

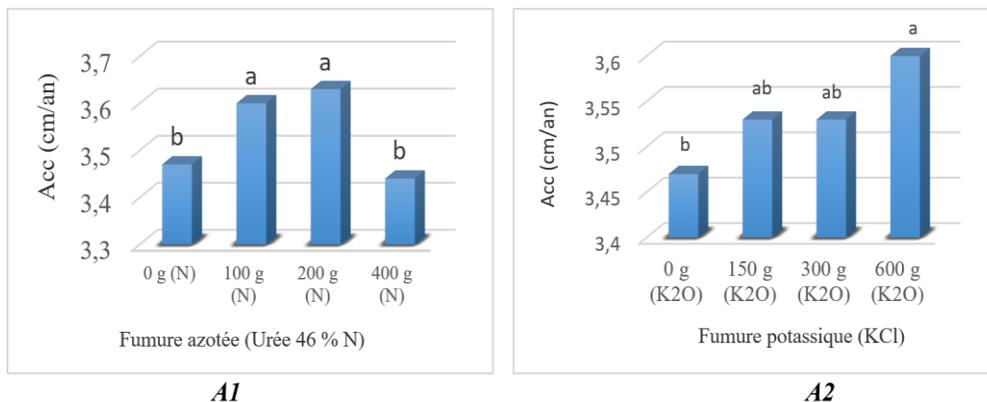
L'analyse de variance des accroissements moyens annuels de la circonférence des arbres réalisée présente une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les traitements considérés (**Figure 2**). Les meilleurs accroissements moyens annuels obtenus sont de 3,12 et 3,31 cm/an respectivement pour les traitements témoin NPKMg (0-0-0-0) et (160-80-400-80).



**Figure 2 :** Effet de l'apport d'engrais complet N-P-K-Mg sur la croissance végétative du clone PB 235 d'hévéa

### III-1-5. Effet de la fumure azotée et potassique sur la croissance végétative radiale du clone PB 217

La **Figure 3** présente les résultats de l'analyse statistique de l'effet de la fumure azotée et potassique sur la croissance végétative radiale du clone PB 217 après 4 années d'expérimentation. Des différences significatives de l'accroissement moyen annuel sont notées au niveau des fumures azotée et potassique. Les meilleures croissances sont obtenues avec les apports de 100 et 200 g/arbre/an pour la fumure azotée pour un accroissement moyen annuel variant de 3,61 à 3,66 cm/an et les apports de 600 g/arbre pour la fumure potassique (3,67 cm/an).

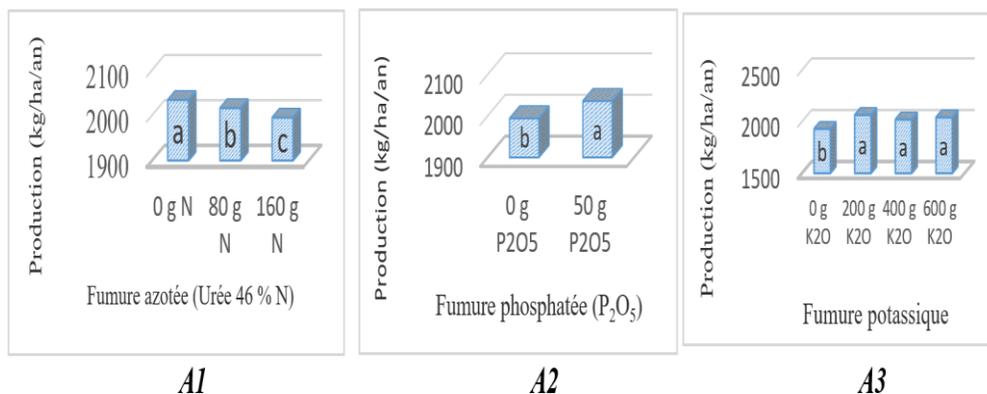


**Figure 3 :** Effets respectifs de la fumure azotée (A1) et potassique (A2) sur la croissance végétative radiale du clone GT 1

### III-2. Effets des doses de fumure azotée, phosphatée et potassique sur la production du caoutchouc

#### – Chez le clone GT 1

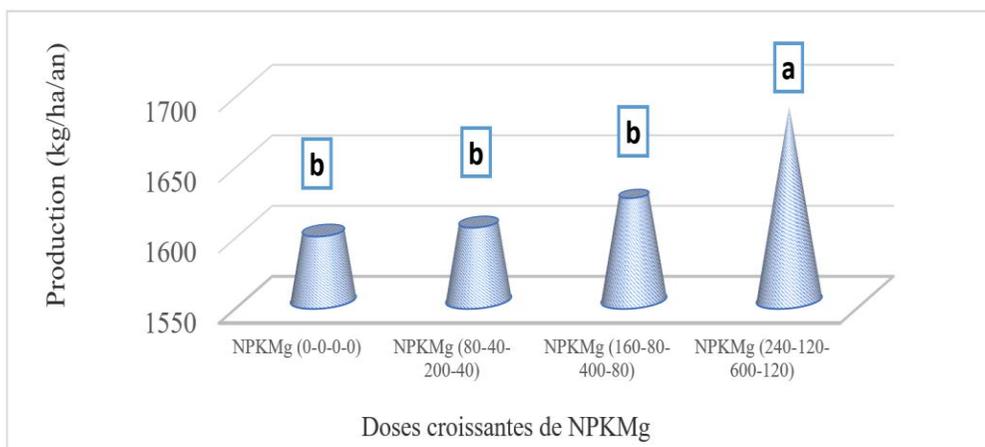
Les productions moyennes annuelles de caoutchouc (kg/ha/an) obtenues sont présentées dans la **Figure 4**. Au niveau de la fumure azotée, la plus forte production de caoutchouc a été obtenue avec le traitement témoin sans fumure (0 g N), soit 2034 kg/ha/an. Pour la fumure phosphatée, le dose de 50 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a permis d'obtenir une production moyenne annuelle de 2036 kg/ha, soit un gain de production de 1,02 % par rapport au traitement témoin sans fumure (1994 kg/ha/an). Également, les apports de fumures potassiques aux doses croissantes (200, 400 et 600 g/arbre/an) permettent d'obtenir des productions moyennes annuelles de 2065, 2022 et 2042 kg/ha respectivement.



**Figure 4 :** Effets respectifs de la fumure azotée (A1), potassique (A2) et phosphatée (A3) sur la production de caoutchouc du clone GT 1

– **Chez le clone PB 235**

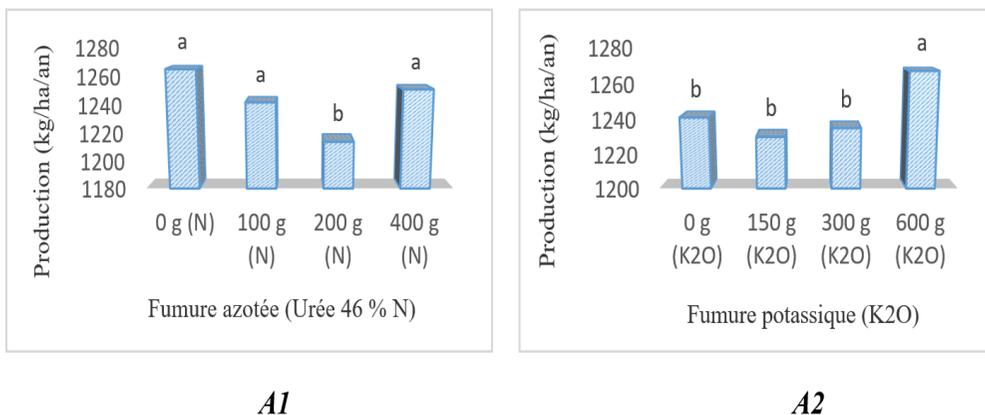
Chez le clone PB 235, la production moyenne annuelle croit avec les apports croissants de doses d'engrais complet (NPKMg). Cette production a varié de 1599 à 1687 kg/ha/an respectivement pour les traitements NPKMg (0-0-0-0) et NPKMg (240-120-600-120).



**Figure 5 :** Effet de l'apport d'engrais complet NPKMg sur la production de caoutchouc du clone PB 235 d'hévéa

– **Chez le clone PB 217**

La **Figure 6** présente les effets respectifs de la fumure azotée et potassique sur la production de caoutchouc chez le clone PB 217. Pour la fumure azotée, l'ANOVA montre que les doses d'engrais azotées (0, 100 et 400 g de N/arbre/an) ont donné des productions de caoutchouc statistiquement identiques entre elles et supérieures à celle de la dose 200 g de N/arbre/an. Les productions sont de 1 265 ; 1 242 et 1 251 kg/ha/an respectivement pour les doses de 0 ; 100 et 400 g de N /arbre/an. Au niveau de la fumure potassique, la meilleure production de 1 267 kg/ha/an a été obtenue avec la dose de 600 g de K<sub>2</sub>O/arbre/an. Cependant, les doses d'engrais de 0 ; 150 et 300 g de K<sub>2</sub>O/arbre/an ont permis d'obtenir des productions moyennes annuelles statistiquement identiques.



**Figure 6 :** Effets respectifs de la fumure azotée (A1) et potassique (A2) sur la production de caoutchouc du clone PB 217

### III-3. Diagnostique foliaire (DF)

#### III-3-1. Teneurs des feuilles en éléments minéraux du clone GT 1

Les teneurs moyennes des feuilles en minéraux N, P et K exprimées en pourcentage de matière sèche (% ms) sont présentées dans le **Tableau 4**. En début d'expérimentation, avant l'épandage de la fumure, les feuilles des hévéas avaient pour l'ensemble des traitements des teneurs très élevées en azote (en moyenne 3,86 % ms), moyennement élevées en phosphore (0,24 % ms) et très faible en potassium (1,18 % ms) par rapport aux valeurs moyennes de référence. Après 7 années d'expérimentation, le diagnostic foliaire a révélé une baisse des teneurs en P, malgré l'apport de 50 g/arbre de P. Les teneurs en N restent très élevées tandis que celles du K, sont moyennement élevées par rapport aux valeurs de référence. Les teneurs en éléments N, P et K des feuilles sont quasi-similaires entre elles, quelle que soit, la dose apportée.

**Tableau 4 :** Teneurs moyennes (% ms) des feuilles en éléments N, P et K du clone GT 1 après 7 ans d'application de fumures azotée, phosphatée et potassique

Type de fumure	Doses appliquées	Eléments minéraux des feuilles (% ms)					
		N		P		K	
		Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
Fumure azotée	0 g N/arbre	3,85	3,91	0,24	0,23	1,18	1,57
	80 g N/arbre	3,88	3,94	0,24	0,22	1,17	1,50
	160 g N/arbre	3,86	3,96	0,25	0,23	1,20	1,62
Fumure phosphatée	0 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /arbre	3,87	3,90	0,24	0,22	1,16	1,54
	50 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /arbre	3,86	3,98	0,25	0,23	1,20	1,58
Fumure potassique	0 g K <sub>2</sub> O/arbre	3,90	3,87	0,25	0,22	1,14	1,48
	200 g K <sub>2</sub> O/arbre	3,92	3,87	0,25	0,22	1,14	1,48
	400 g K <sub>2</sub> O/arbre	3,85	3,94	0,24	0,22	1,16	1,60
	600 g K <sub>2</sub> O/arbre	3,79	4,01	0,24	0,23	1,24	1,63
Valeur moyenne de référence*		3,31 - 3,70		0,20 - 0,25		1,37 - 1,67	

\* Source [3]

### III-3-2. Teneur des feuilles en éléments minéraux du clone PB 235

Le **Tableau 5** présente les teneurs moyennes de feuilles en N, P et K exprimées en % de matière sèche, pour les différentes doses de fumure étudiées. Le diagnostic foliaire réalisé, avant la mise en place de l'essai, a montré que les teneurs des feuilles en azote et en phosphore sont moyennement élevées. Celle du potassium est très faible par rapport aux valeurs moyennes de référence. Après 7 années d'expérimentation, une baisse significative de la teneur en N est notée au niveau des quatre traitements. La teneur en P des feuilles reste inchangée. Cependant, une teneur élevée en K est observée pour l'ensemble des traitements.

**Tableau 5 :** Teneurs moyennes (% ms) des feuilles en éléments N, P et K du clone PB 235 après 7 ans d'apport d'engrais complet NPKMg

Type de fumure	Doses appliquées	Teneurs en éléments minéraux des feuilles (% ms)					
		N		P		K	
		Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
Engrais complet NPKMg	NPKMg (0-0-0-0)	3,89	3,44	0,25	0,25	1,14	1,86
	NPKMg (80-40-200-40)	3,68	3,55	0,25	0,25	1,15	1,81
	NPKMg (160-80-400-80)	3,79	3,54	0,24	0,24	1,12	1,84
	NPKMg (240-120-600-120)	3,65	3,61	0,24	0,24	1,13	1,82
Valeur moyenne de référence*		3,31 - 3,70		0,20 - 0,25		1,37 - 1,67	

\* Source [3]

### III-3-3. Teneur des feuilles en éléments minéraux du clone PB 217

Les teneurs des feuilles (% ms) en minéraux du clone PB 217 sont présentées dans le **Tableau 6**. Après 4 années d'expérimentation, les teneurs sont moyennes à élevées pour l'azote et pour le phosphore et très faibles pour le potassium. A dose croissante de fumure azotée (0 ; 100 ; 200 et 400 g de N /arbre), une baisse notable des teneurs en N, P et en K a été observée. Pour la fumure potassique, les teneurs des feuilles en N et en P sont moyennes et élevées par rapport aux valeurs de référence. Ces mêmes résultats sont observés avec les apports de fumure potassique. Ces résultats révèlent aucun effet positif majeur des apports d'engrais azotés et potassiques sur la teneur en N, P et K pour le clone PB 217, quelle que soit la dose apportée.

**Tableau 6 :** Teneurs moyennes (% ms) des feuilles en éléments N, P et K du clone PB 217 après 4 ans d'application de fumures azotée et potassique

Type de fumure	Doses appliquées	Teneurs en éléments minéraux des feuilles (% ms)		
		N	P	K
Fumure azotée	0 g N/arbre	3,80	0,27	1,03
	100 g N/arbre	3,70	0,28	0,97
	200 g N/arbre	3,54	0,24	0,87
	400 g N/arbre	3,57	0,26	0,80
Fumure potassique	0 g K <sub>2</sub> O/arbre	3,54	0,24	0,85
	150 g K <sub>2</sub> O/arbre	3,80	0,26	0,97
	300 g K <sub>2</sub> O/arbre	3,55	0,26	0,90
	600 g K <sub>2</sub> O/arbre	3,71	0,26	0,95
Valeur moyenne de référence*		3,31 - 3,70	0,20 - 0,25	1,37 - 1,67

\* Source [3]

## IV - DISCUSSION

### IV-1. Effets des fumures minérales appliquées sur la croissance végétative radiale des hévéas

L'effet des applications répétées des fumures azotée, potassique, phosphatée et de l'engrais complet N-P-K-Mg sur la croissance végétative radiale des clones GT 1, PB 217 et PB 235 d'hévéa n'a pas été perceptible pendant toute la durée des essais. La réponse des arbres aux différentes applications en éléments fertilisants dépend de plusieurs facteurs dont la nature des engrais, l'état de fertilité physico-chimique initiale du sol, les besoins des plantes en éléments minéraux, le système racinaire et l'âge des hévéas. Aussi, selon Compagnon [3], l'exploitation des hévéas par la saignée (descente ou inversée) a pour effet de ralentir la croissance isodiamétrique de l'arbre et de réduire la

densité de la masse foliaire. Chez les clones GT 1 et PB 217, les applications d'engrais azoté et potassique n'ont pas eu d'effets significatifs sur la croissance végétative des arbres. Cette absence de réponse serait due, soit à une non-assimilation de ces engrais par les racines de la plante ou à une faible présence de certains éléments dits secondaires ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{+}$  etc.) agissant comme des catalyseurs dans le métabolisme primaire de la plante [9]. L'azote est un élément essentiel et indispensable en quantité importante pour la croissance de l'arbre [3]. En effet, les engrais azotés tout comme les engrais potassiques et phosphatés sont absorbés respectivement sous la forme assimilable [ion nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), ion potassium ( $\text{K}^+$ ) et ion phosphate ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ou  $\text{HPO}_4^{2-}$ )]. Ces formes assimilables proviennent d'une minéralisation de l'engrais, qui est favorisée par l'humus et d'autres microorganismes présents dans le sol [10]. Ainsi, l'appauvrissement ou l'enrichissement du sol en N assimilable est la résultante de l'activité biologique du sol, qui, sur une plantation dépend, dans une bonne mesure, de la couverture végétale et de son entretien [3]. Chez le clone PB 235, les résultats ont montré que l'engrais complet (NPKMg) apporté n'a pas eu d'effet positif sur la croissance végétative radiale du tronc des arbres, quelle que soit la dose apportée. L'absence de réponse par suite des applications serait due à un déséquilibre chimique entre éléments minéraux présents dans le sol [9]. C'est le cas de l'antagonisme entre le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) du complexe absorbant du sol où la présence de l'un en abondance inhibe l'absorption de l'autre par les racines et inversement [11]. En solution nutritive, de faible teneur en  $\text{Ca}^{2+}$  est la conséquence d'une augmentation considérable du niveau de nutrition magnésienne de la plante [12]. Ce qui pourrait entraîner, plus tard, une toxicité magnésique chez la plante. Cependant, l'apport de P au clone GT 1 a eu un effet positif remarquable sur la croissance végétative radiale du tronc. Selon Compagnon [3], le P intervient à tous les niveaux dans le métabolisme cellulaire, à commencer par la photosynthèse, la division cellulaire, le catabolisme des glucides, et il joue un rôle structural dans la constitution des membranes cellulaires, d'où son importance primordiale pour la croissance de l'arbre.

#### **IV-2. Effets des fumures minérales appliquées sur la production de caoutchouc des hévéas**

Les résultats de l'expérimentation ont montré que les différentes doses de fumure apportées sur les trois clones d'hévéa (GT 1, PB 235 et PB 217) ont des réponses plus ou moins variables sur la production de caoutchouc des arbres. Plusieurs facteurs notamment, la variabilité spatiale de la fertilité du sol au sein de la parcelle, le précédent cultural, la localisation, la fréquence et la période des épandages d'engrais, l'âge et le matériel végétal etc.) pourraient justifier cette variabilité de réponse des arbres par rapport à la fertilisation.

Selon Compagnon, [3], les applications d'engrais minéraux sur des hévéas en production permettent d'observer, dans de nombreux cas, des réponses des rendements nettement profitables, sans pourtant omettre des cas où les rendements étaient très mitigés et parfois très décevants. Des observations similaires faites sur la fertilisation potassique du clone d'hévéa PR 107 après dix années d'expérimentation n'ont pas permis de mettre en évidence cet effet sur la production de caoutchouc à Anguédédou en Côte d'Ivoire [13]. Par ailleurs, des observations faites ont montré que des apports inconsidérés de certains engrais provoquent une baisse de production en créant ou accentuant des déséquilibres entre les éléments minéraux. Les applications de fumures phosphatée (50 g/arbre) et potassique (200 g/arbre) sur le clone GT 1, d'engrais complet NPKMg (240-120-600-120) sur le PB 235 et de fumure potassique (600 g/arbre) sur le PB 217 ont permis d'obtenir des gains non négligeables de production de caoutchouc allant de 1,02 à 1,06 % par rapport au traitement témoin (non fertilisé). Ces résultats, bien que très peu satisfaisants, corroborent ceux de Shafar [14] sur le clone RRIM 2001 qui ont montré que l'application de 56,25 g/plant de fumure minérale (NPKMg), soit un taux de 150 % selon la recommandation actuelle de Malaysian Rubber Board (MRB) permettait d'obtenir significativement des réponses pour des gains de 4,14 cm/an de circonférence et 276,19 g/arbre de caoutchouc sec. Les apports de N chez les clones GT 1 et PB 217 n'ont eu aucun effet positif sur la production de caoutchouc malgré les doses croissantes appliquées. Compagnon [3] signale que l'effet de l'azote sur la production de caoutchouc est variable, parfois positif (5 à 10 %), parfois dépressif, en particulier sur des sols naturellement pauvres en K et qui n'ont pas reçu de potasse. Les expérimentations menées chez les hévéas en production n'ont pas toujours montré des réponses économiquement rentables. Selon Compagnon [3], l'absorption racinaire des éléments minéraux (K, P, Mg, nitrates et bien d'autres éléments) est une caractéristique clonale, de même que les facteurs commandant l'absorption de l'eau (potentiel osmotique racinaire, poussée radiculaire et appel foliaire). Ces considérations méconnues jusqu'à présent devront peut-être être prises en compte lorsque l'on emploiera des porte-greffes clonaux ou des boutures clonales.

#### **IV-3. Effets des fumures minérales appliquées sur la teneur des feuilles en minéraux des hévéas**

Les teneurs des feuilles en minéraux dans les feuilles des hévéas des 3 essais, sont dans l'ensemble d'un niveau acceptable avant les applications, excepté la teneur en potassium (K) qui apparaît très faible [3]. Ces teneurs obtenues sont comparables à celles obtenues par [15], dans leur étude des sols de parcelles d'hévéa en basse Côte d'Ivoire. La variation de ces teneurs en éléments minéraux n'a pas été influencée par les apports de fumure quelle que soit, la dose et la nature de l'engrais. La teneur en K a été très faible dans les feuilles

au début et élevée à la fin de l'expérimentation. Cela résulte d'une forte absorption du K mis à la disposition des racines d'hévéas par les apports d'engrais. Selon [10] les cellules des plantes sont très perméables à une solution de potasse, élément qu'elles absorbent facilement, de préférence à d'autres éléments tels que le  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$ . Cette absorption facilitée de K, entraîne sa forte accumulation dans la plante alors que certains minéraux se trouvent carencés, créant un déséquilibre des minéraux au niveau de la plante. De même, l'apport au sol, dans les conditions requises des éléments déficients, permet de rétablir les déséquilibres entre les éléments minéraux. Cet état de fait explique donc l'absence de réponses positives des apports d'engrais sur la croissance et la production de caoutchouc dans ces essais.

## V - CONCLUSION

L'objectif de ce travail est de comparer l'effet de divers types d'engrais minéraux sur les paramètres agronomiques des clones d'hévéas GT 1, PB 217 et PB 235 en production. Les résultats obtenus montrent que les doses croissantes de fumures azotée, phosphatée et potassique ne donnent pas d'effets probants sur la croissance isodiamétrique du tronc et le rendement en caoutchouc. Par ailleurs, de faibles gains de production de caoutchouc allant de 1,5 à 5 % quel que soit le clone d'hévéa observés, ont été observés. Le diagnostic foliaire réalisé montre que les différentes doses de fumure apportées n'avaient pas d'effets positifs sur les teneurs des feuilles en minéraux. Ces apports d'engrais, sans connaître au préalable le statut physico-chimique des sols, ont parfois provoqué des baisses de production en créant ou accentuant des déséquilibres entre les minéraux du sol. De ces résultats, nous recommandons que les politiques de fertilisation en plantation mature d'hévéa doivent être conduites en tenant compte du niveau de fertilité locale du sol, de la nature, de la fréquence et de la période d'apports des engrais, mais sans excès, pour avoir une meilleure appréciation de l'effet des fertilisants sur les paramètres agronomiques de l'hévéa. Des études ultérieures devront être menées pour évaluer la rentabilité économique des applications de fumures minérales sur la productivité de ces clones d'hévéas en production.

## REMERCIEMENTS

*Les auteurs tiennent à remercier le Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole (FIRCA) et l'Association des Professionnels et Manufacturiers de Caoutchouc (APROMAC) de Côte d'Ivoire pour le soutien technique et financier à cette étude.*

## RÉFÉRENCES

- [1] - Z. J KELI, Programme de deuxième génération ; Commission : Cultures d'exportation. Document de travail CNRA, Côte d'Ivoire, (2003) 139 p.
- [2] - MINEFI, L'hévéa en Côte d'Ivoire, Fiche de synthèse de la mission économique de l'Ambassade de France en Côte d'Ivoire, (2005) 3 p.
- [3] - P. COMPAGNON, Le caoutchouc naturel. Coste R. ed., G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, (1986) 595 p.
- [4] - E. F. SOUMAHIN, A. E. A. ELABO, K. M. OKOMA, A. E. DICK, E. B. A. N'GUESSAN, C. KOUAME et S. OBOUAYEBA, Incidence of the reduction of tapping frequency compensated for by the increase of tapping cut length in clone GT 1 of *Hevea brasiliensis* to palliate the shortage of tapping labor in south-eastern Côte d'Ivoire. *International Rubber Conference*, 23-27<sup>th</sup> June 2013, London, United Kingdom, 15 p.
- [5] - L. F. COULIBALY, M. DIARRASSOUBA, S. OBOUAYEBA, G. C. V. YAPI et S. AKE, Système d'exploitation en saignée inversée du clone PB 235 d'*Hevea brasiliensis* en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & plant Sciences*, 9 (2) (2011) 1147 - 1160
- [6] - R. LACOTE, O. GABLA, S. OBOUAYEBA, J. M. ESCHBACH, F. RIVANO, K DIAN et E. GOHET, Long-term effect of ethylene stimulation on the yield of rubber trees is linked to latex cell biochemistry. *Field Crops Research*, 115 (2010) 94 - 98
- [7] - A. PERRAUD, Notice explicative de l'esquisse pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/500000. ORSTOM Abidjan, (1967) 91 p.
- [8] - Y. T. BROU, Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches. Universités des Sciences et Technologies de Lille, (2005) 213 p.
- [9] - A. DEMOLON, Principes de l'Agronomie. Tome II : Croissance des végétaux cultivés, *Dunod*, (1968) 431 - 478 p.
- [10] - A. GROS, Engrais : Guide pratique de la fertilisation, 6<sup>e</sup> édition, Revue et complétée, Maison Rustique, Paris, France, (1974) 437 p.
- [11] - J. BOYER, Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Dans les sols ferrallitiques. Tome X. Initiations – Documentations Techniques N° 52. Boyer J. (Réd.). *ORSTOM*, Paris, (1982) 396 p.
- [12] - J. R. LANDON, Booker tropical soil manual. A handbook for soil survey and agricul-tural land evaluation in the trpics and subtropics. *Booker Agriculture International Limited*, (1984) 450 p.
- [13] - Z. J. KELI, Essai de fertilisation, résultats 1991, IDEFOR / DPL, Rapport DEA N° 30 / 93 T, (1993) 12 p.
- [14] - J. M. SHAFAR, W.D. NOORDIN & F. I. CHE, Response of *Hevea brasiliensis* RRIM 2001 planted Oxisol to different rates of fertilizer application, *Malaysian Journal of Soil Science*, Vol. 16, (2012) 57 - 69 p.