

Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(3): 956-974, June 2014

ISSN 1991-8631 (Print), ISSN 1997-342X (Online)

---



---

**International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences**


---



---

*Original Paper*<http://indexmedicus.afro.who.int>

**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**

Emmanuel Acka DICK<sup>1</sup>, Mohamed Sahabane TRAORE<sup>1,2\*</sup>, Angeline Eliathe Agnyman ELABO<sup>2</sup>, Eric Francis SOUMAHIN<sup>2</sup>, Evelyne Gévère Marise ASSI<sup>2,3</sup>, Olivier Guy-Joël ATSIN<sup>2,3</sup>, Yamoussou Joseph ALLE<sup>1,4</sup>, Angelo Evariste Badou N'GUESSAN<sup>4</sup>, Christophe KOUAME<sup>5</sup>, Samuel OBOUAYEBA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Physiologie Végétale, Abidjan, Côte d'Ivoire, 22 BP 582 Abidjan 22.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Université NANGUY Abrogoua, UFR des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, 01 BP 801 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

<sup>4</sup> Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Direction Régionale de Korhogo, BP 856 Korhogo, Côte d'Ivoire.

<sup>5</sup> International Center of Research in Agroforestry (ICRAF), Regional Direction of Abidjan, 30 BP 484 Abidjan 30 Côte d'Ivoire.

\*Auteur correspondant ; E-mail: [desahabane@gmail.com](mailto:desahabane@gmail.com) ; Tel : (225) 49 50 11 02.

---

## RESUME

La stimulation hormonale de la production de caoutchouc abusive et inadaptée réduit considérablement la productivité de l'hévéa. Pour prévenir cette contrainte, une étude des régimes annuels de stimulation permettant aux clones PB 235 et PB 260 d'*Hevea brasiliensis*, à métabolisme actif, d'exprimer au mieux leurs potentialités, a été entreprise au sud-est de la Côte d'Ivoire. Les hévéas, plantés à 510 arbres/ha selon un dispositif complètement randomisé, ont été saignés en S/2 d4 et stimulés à l'Éthéphon aux fréquences annuelles de 0, 1, 2, 4, 6, 8, 13 et 26. Les paramètres mesurés ont été la production de caoutchouc, la croissance isodiamétrique, le profil physiologique et la sensibilité à l'encoche sèche des arbres. Les résultats ont révélé que la stimulation a une influence sur la production, la croissance isodiamétrique et les paramètres physiologiques des clones PB 235 et PB 260. La teneur en saccharose du latex a été un paramètre déterminant de la réponse à cette stimulation puisqu'elle a participé de l'amélioration de la productivité et surtout de l'amoinissement du stress pouvant susciter la fatigue physiologique, voire l'encoche sèche. La sensibilité à ce syndrome est une caractéristique intrinsèque de ces clones. Pour exprimer au mieux leurs potentialités, les fréquences annuelles de stimulation respectives de 1 et 2 sont adaptées aux PB 235 et PB 260.

© 2014 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** *Hevea brasiliensis*, demi-spirale descendante, stimulation hormonale, croissance isodiamétrique, profil physiologique, encoche sèche, Côte d'Ivoire.

---

© 2014 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i3.12>

## INTRODUCTION

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. Celle-ci consiste à pratiquer une incision ou une entaille dite encoche de saignée dans l'écorce du tronc de l'arbre ; ce qui entraîne l'écoulement du latex (Gomèz, 1982 ; Thomas et al., 1995), dont le traitement donne le caoutchouc naturel. La saignée des arbres d'une plantation permet certes de produire du caoutchouc, mais cette production est limitée. Elle ne peut pas être modulée aux besoins des utilisateurs et surtout la saignée ne peut à elle seule permettre de mieux valoriser les potentialités de production de caoutchouc de tous les groupes de clones cultivés du fait de leur métabolisme laticigène différent (Jacob et al., 1988). Les clones cultivés, n'ont en effet, pas la même réaction à la stimulation hormonale de la production (Diarrassouba et al., 2012 ; Diarrassouba, 2013). De nos jours et de façon systématique, on adjoint au système de saignée une stratégie de stimulation hormonale de la production (Soumahin, 2010). Celle-ci consiste en l'apport d'une substance exogène qui contribue à rehausser significativement le niveau de la production de caoutchouc (Obouayeba et al., 1996). L'intérêt de ces travaux vient de ce que d'autres investigations ont montré que cette pratique s'est considérablement développée après la découverte de l'important pouvoir stimulant de l'Ethéphon, régulateur de croissance libérant de l'éthylène *in situ*. Les produits stimulants couramment utilisés ont pour matière active l'acide chloro-2-éthylphosphonique ou Ethéphon, qui génère de l'éthylène dans les laticifères, cellules spécialisées élaborant le latex. La présence de l'éthylène dans ces tissus permet une prolongation de la durée d'écoulement du latex et un rendement important en caoutchouc. Plus récemment, Silpi et al. (2006) ont montré que la stimulation

éthylénique avec l'Ethéphon modifiait significativement l'équilibre du sucre entre l'approvisionnement et la demande dans l'écorce produisant le latex, tout en augmentant l'activation métabolique. Par ailleurs, de très récents travaux (Soumahin et al., 2009 ; 2010 ; Soumahin, 2010) ont montré que l'utilisation de la stimulation hormonale, augmentait la production de latex (caoutchouc) tout en permettant la réduction des besoins en saigneurs, de la fréquence de saignée ou même de récolte du latex. De même, elle a contribué à une importante amélioration de la productivité, du travail du saigneur à l'hectare et une bonne rentabilité économique. La prise en compte de toutes ces considérations liées à la stimulation hormonale dans la gestion d'une plantation hévéicole, est indispensable pour atteindre un niveau de production maximum des arbres sans causer de dommages à ceux-ci. En Afrique hévéicole et singulièrement en Côte d'Ivoire, les planteurs dans leur majorité ont une assez bonne maîtrise des systèmes de saignée (fréquence de saignée et longueur de l'encoche de saignée). Par contre, la pratique de la stimulation de la production n'est que très peu maîtrisée. En effet, il apparaît à la pratique, une utilisation abusive de la stimulation hormonale pour espérer augmenter considérablement la production de caoutchouc. Or, l'application excessive de la stimulation peut provoquer à long terme l'arrêt de l'écoulement du latex des arbres (encoche sèche) et entraîner une chute de la production de caoutchouc (Obouayeba et al., 2009 ; Okoma et al., 2011 ; Traoré et al., 2011). En outre, la surstimulation a une incidence négative non seulement sur la production, mais aussi sur la croissance isodiamétrique du tronc et les états physiologique et sanitaire des arbres (Obouayeba et al., 2002). La détermination du régime de stimulation adapté aux clones PB 235 et PB 260 d'*Hevea brasiliensis* s'avère alors nécessaire. Elle permet, en effet, d'avoir une maîtrise de la technique de récolte du latex, optimisant ainsi la rentabilité des

plantations et garantissant la longévité économique des arbres. C'est dans ce cadre que cette étude a été conduite pour évaluer les effets de différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique sur les paramètres agrophysiologiques des clones d'*Hevea brasiliensis*, notamment de ceux à métabolisme rapide ou actif, PB 235 et PB 260 dans le sud-est de la Côte d'Ivoire afin d'en retenir le meilleur.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué des clones PB 235 et PB 260 d'*Hevea brasiliensis* (Mueller Argoviensis Euphorbiaceae), appartenant à la classe d'activité métabolique rapide. Le clone PB 235 (Prang Besar 235) est issu du croisement PB 5/51 x PB S/78 et le clone PB 260 (Prang Besar 260) de PB 5/51 x PB 49. Ils sont originaires de Malaisie. Leur entrée en production est très rapide. Ce sont des clones vigoureux et hauts producteurs. Cependant, il présente l'inconvénient d'être sensible à l'encoche sèche et à la casse due au vent. Leur activité métabolique intrinsèque est élevée. Ces clones répondent à la stimulation lorsque que celle-ci est appliquée avec beaucoup de modération (Anonyme, 1993).

### Méthodes

#### Milieu d'étude

Les essais ont été conduits dans la localité d'Anguédédou au sud-est de la Côte d'Ivoire dont les caractéristiques sont les suivantes : une forêt défrichée ombrophile, des sols ferrallitiques fortement désaturés et peu gravillonnaires, des précipitations de l'ordre de 1800 à 2000 mm de pluies par an, une température moyenne de 26 °C, une insolation comprise entre 2000 et 2100 heures par an, une humidité relative de 90%.

#### Protocole expérimental

Deux essais ont été conduits en saignée descendante durant 9 ans avec les clones PB 235 et PB 260 :

- le clone PB 235 a été planté en juin 1981 et mis en saignée en mars 1986, à l'âge de 4 ans et 10 mois, à une circonférence comprise entre 48,8 et 51,2 cm ;
- le clone PB 260 a été planté en juin 1984 et mis en saignée en décembre 1989, à l'âge de 5 ans et 6 mois, à une circonférence variant de 50,0 à 54,7 cm.

Les arbres ont été plantés en ligne selon un dispositif complètement randomisé à la densité de 510 arbres/ha (7 m X 2,8 m). Dans chaque expérience, les arbres sélectionnés sont répartis en 9 traitements distincts, à raison de 33 arbres par traitement soit un total de 297 arbres. Ils ont été saignés en demi-spirale tous les 4 jours, avec un jour de repos (le dimanche) dans la semaine, 12 mois sur 12 (S/2 d4 6d/7 12 m/12) et ont été soumis à différents régimes de stimulation hormonale comme indiqué dans le Tableau 1.

#### Mesures effectuées

La production de caoutchouc a été enregistrée arbre 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 et a représenté la masse de matière fraîche produite déterminée à l'aide d'une balance romaine. Le coefficient de transformation (C.T), qui est le pourcentage de matière sèche d'un échantillon donné de caoutchouc frais, a permis de calculer la production de caoutchouc sec en gramme par arbre et par saignée (g/a/s). Pour éviter l'influence de la circonférence variable sur la production de caoutchouc, la production de caoutchouc a été exprimée en fonction de l'encoche de saignée grâce à l'estimation de la longueur de l'encoche de saignée (L.E.S.E) en fonction de la circonférence à 1,70 m du sol (Obouayeba et al., 1996) :

$$L.E.S.E (cm) = Circonférence en fin d'expérimentation (cm) / 2 \cos 30^\circ$$

Cette production de caoutchouc sec a donc été exprimée en g/a/scm<sup>-1</sup> d'encoche de saignée, sur une période de neuf ans.

La circonférence du tronc à 1,70 m a été mesurée annuellement sur chaque arbre traité lors de la mise en saignée (à 1,20 m du

sol) puis en fin de cycle physiologique, avant le début de la saison sèche. L'accroissement moyen annuel de la circonférence après neuf ans d'expérimentation a été exprimé en  $\text{cm.an}^{-1}$ . Pour chaque parcelle, grâce à la méthode d'estimation visuelle de l'encoche sèche (Van de Syde, 1984), avant le début de la saison sèche, l'état des 297 arbres a été effectué. Les pourcentages de longueur totale d'encoche malade (LEM) et d'arbres totalement secs (Arbres secs ont été exprimés en pourcentages (%)).

La méthode du Micro Diagnostic Latex (MDL) de Jacob et al., 1988 a permis de déterminer annuellement la valeur de l'extrait sec (Ex.S en pourcentage) et de doser les teneurs en saccharose (Sac), en phosphore inorganique (Pi) et en composés thiols (RSH) du latex, exprimées en  $\text{mmol.l}^{-1}$ . Ensuite la variation ( $\Delta$ ) entre les valeurs des paramètres mesurés à l'absence de stimulation (P0) et à la stimulation optimale (Pmax) a été déterminée et les résultats obtenus ont été présentés selon le principe de Lacote et al. (2010) :

- $\Delta P = P_{\text{max}} - P_0$ , dans le cadre de la production de caoutchouc ;
- $\Delta \text{Acc} = \text{Acc}P_0 - \text{Acc}P_{\text{max}}$ , pour l'accroissement de la circonférence des arbres ;
- $\Delta \text{EXS} = \text{EXSP}_{\text{max}} - \text{EXSP}_0$ , pour la variation de la teneur en extrait sec,
- $\Delta \text{Sac} = \text{Sac}P_0 - \text{Sac}P_{\text{max}}$ , pour la variation de la teneur en saccharose ;
- $\Delta \text{Pi} = \text{Pi}P_{\text{max}} - \text{Pi}P_0$ , pour la variation de la teneur en phosphore inorganique ;
- $\Delta \text{RSH} = \text{RSH}P_{\text{max}} - \text{RSH}P_0$ , pour la variation de la teneur en composés thiols.

#### Analyse statistique

Les données de production de caoutchouc, de croissance isodiamétrique du tronc et de micro diagnostic latex ont été traitées à l'aide du logiciel statistique XL-STAT. Une analyse de variance, une analyse en composantes principales et des tests de corrélation de Pearson ont été effectués. Le niveau de signification des différences entre

les moyennes a été estimé par le test de Newman-Keuls au seuil de 5%.

## RESULTATS

### Caractérisation des clones PB 235 et PB 260 sans stimulation hormonale de la production de caoutchouc

#### Paramètres agrophysiologiques

Après 9 ans d'expérimentation sans stimulation, le clone PB 260 a eu la plus forte production de caoutchouc ( $1,40 \text{ g/a/scm}^{-1}$ ). Celle du clone PB 235 ( $1,11 \text{ g/a/scm}^{-1}$ ) a été d'un bon niveau (Tableau 2). Le tronc du clone PB 235 a présenté un meilleur accroissement en circonférence par rapport à celui du clone PB 260 (Tableau 2). L'accroissement enregistré est bon pour le clone PB 235 ( $2,96 \text{ cm.an}^{-1}$ ) mais relativement faible pour le clone PB 260 ( $2,38 \text{ cm.an}^{-1}$ ). L'observation des paramètres physiologiques a indiqué que le clone PB 260 a un taux d'extrait sec (58,5%) plus élevé que celui du clone PB 235 (48,54%) (Tableau 2). La teneur en saccharose (Tableau 2) est certes faible pour les deux clones mais reste conforme à celle des clones de cette classe d'activité métabolique. Cependant, le clone PB 235 a affiché la plus faible teneur (6,31 contre 7,33  $\text{mmol.l}^{-1}$  pour le PB 260). La teneur en phosphore inorganique du latex (Pi ; Tableau 2) du clone PB 235 ( $16,34 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) a été plus forte que celle du PB 260 ( $11,48 \text{ mmol.l}^{-1}$ ). Au niveau de la teneur en composés thiols (Tableau 2), la plus forte teneur a été enregistrée chez le clone PB 260 ( $0,58 \text{ mmol.l}^{-1}$ ).

#### Longueur d'encoche malade et taux d'arbres totalement secs

Le clone PB 260 a affiché le plus fort pourcentage de LEM (9,7%) par rapport au clone PB 235 (3,2%). Dans le cas du pourcentage d'arbres totalement secs, les deux clones PB 235 et PB 260 ont affiché des pourcentages identiques (3,2%, Tableau 2).

### **Effets de la stimulation hormonale de la production de caoutchouc**

#### **Paramètres agrophysiologiques**

Chez le clone PB 235, les différentes fréquences annuelles de stimulation ont donné des productions de caoutchouc de même ordre de grandeur (Tableau 3) avec une relative augmentation jusqu'à 6/y. Au niveau du clone PB 260, la production de caoutchouc a augmenté jusqu'à 8/y puis elle a baissé. En ce qui concerne la croissance végétative isodiamétrique chez les deux clones (Tableau 3), l'accroissement moyen annuel de circonférence des arbres non saignés a été supérieur à celui des arbres saignés. En outre, il y a eu une relative diminution de l'accroissement moyen annuel de circonférence du tronc des arbres stimulés comparés aux arbres non stimulés.

Quant aux paramètres physiologiques (Tableau 4), relativement aux deux clones, les différentes fréquences annuelles de stimulation testées n'ont produit aucun effet sur le taux d'extrait sec du latex. La teneur en saccharose du latex a diminué avec le nombre annuel de stimulation chez le clone PB 235, tandis que chez le PB 260, elle est restée constante. Concernant la teneur en phosphore inorganique (Pi) chez les deux clones, elle a été du même ordre de grandeur indépendamment de la fréquence annuelle de stimulation appliquée aux arbres. Par contre, la teneur en composés thiols (R-SH) a diminué.

#### **Longueur d'encoche malade et taux d'arbres totalement secs**

Les plus forts taux de LEM (27,30 et 38,00% respectivement pour les clones PB 235 et PB 260) ont été affichés par les arbres du traitement 26/y et les plus faibles (2,50 et 4,40% respectivement pour les clones PB 235 et PB 260) par ceux des traitements 8 et 4/y. Le taux d'arbres totalement secs les plus élevés (6,70 et 6,50% respectivement pour les clones PB 235 et PB 260) ont été enregistré avec les arbres du traitement 2 et 13/y. Par ailleurs, les arbres non stimulés (traitement

0/y) des deux clones ont présenté un taux d'arbres secs de 3,20% (Tableau 5).

#### **Détermination de la fréquence optimale stimulation éthylénique**

Chez le clone PB 235, la matrice de corrélation entre les paramètres étudiés (Tableau 6) a révélé que la production de caoutchouc a augmenté en sens inverse des teneurs en saccharose et en composés thiols du latex. L'accroissement de circonférence du tronc des arbres a évolué dans le même sens que le taux d'extrait sec, les teneurs en saccharose et en composés thiols. De même, le taux d'extrait sec a augmenté en même temps que les teneurs en saccharose et en composés thiols. Par contre il a évolué en sens inverse du taux de LEM. Aussi, les teneurs en saccharose et en composés thiols ont-ils évolué dans le même sens. Le criblage de ces paramètres étudiés a permis d'obtenir le plan de dispersion Biplot (Figure 1). Les paramètres d'accroissement de circonférence du tronc, de taux d'extrait sec, de teneurs en saccharose, en phosphore inorganique et en composés thiols, ont été fortement et positivement corrélés à l'axe F1 (Tableau 7). Cet axe a contribué pour 62,56% à la variance totale exprimée. Le taux d'arbres secs a été fortement corrélé à l'axe F2 qui a représenté 23,25% de la variance totale (Tableau 7). La production de caoutchouc a été corrélée négativement à la fois aux axes F1 et F2. Quant au taux de LEM, il a été corrélé négativement à l'axe F1 et positivement à l'axe F2. Ces deux axes ont permis de caractériser les différentes fréquences annuelles de stimulation appliquées aux arbres. Les traitements 26 et 13/y, ont engendré des taux élevés de LEM avec une production de caoutchouc moins importante. Leur appartenance au quart de plan contenant ce paramètre l'indique clairement. Par contre, les traitements 8 et 6/y se trouvant dans le quart de plan comportant le paramètre production, ont probablement été à l'origine non seulement des productions importantes, mais aussi, des taux de LEM de moindre

importance. Les traitements contenus dans ces quarts de plan (demi plan contenant les paramètres LEM et production) cités ont entraîné en outre, des taux moins élevés d'arbres secs, faibles d'extrait sec, un faible accroissement de la circonférence du tronc des arbres, des teneurs en composés thiols, saccharose et phosphore inorganique, faibles. Dans le demi plan contenant l'ensemble de ces paramètres et opposé au premier, les traitements 4 et 1/y, situés dans le quart de plan où se trouve les paramètres d'extrait sec et de phosphore inorganique, ont des valeurs importantes de ceux-ci, notamment le traitement 1/y. Ces derniers présentent, en plus, des teneurs en composés thiols, en saccharose et un accroissement de la circonférence moins importants par opposition au traitement 0/y, situé dans le quart de plan contenant le taux d'arbres secs, les teneurs en saccharose et en composés thiols, ainsi que l'accroissement de la circonférence du tronc des arbres. Le traitement 2/y situé dans ce dernier quart de plan a été caractéristique d'un taux d'arbres secs élevé. La fréquence d'une stimulation par an (1/y) s'est révélée la mieux adaptée au clone PB 235. Chez le clone PB 260, la matrice de corrélation entre les paramètres étudiés (Tableau 8) a montré que l'accroissement de la circonférence du tronc des arbres a évolué dans le même sens que la teneur en composés thiols du latex. Le taux d'extrait sec a augmenté en sens inverse de la teneur en saccharose. De même, la teneur en saccharose a progressé en sens inverse du taux d'arbres secs. Le triage de ces paramètres étudiés a permis d'obtenir le plan de dispersion Biplot (Figure 2). Les teneurs en saccharose, en phosphore inorganique et en composés thiols ont été fortement et positivement corrélés à l'axe F1. Le taux d'arbres secs a été corrélé fortement et négativement au même axe qui a contribué pour 46,42% à la variance totale exprimée (Tableau 9). Le taux de LEM a été fortement corrélé à l'axe F2 qui a représenté 25,50% de

la variance totale (Tableau 9). Le paramètre de production a été corrélé faiblement et négativement au même axe F2. Les paramètres d'accroissement de la circonférence du tronc et de taux d'extrait sec ont été corrélés à la fois aux axes F1 et F2. L'accroissement de la circonférence du tronc a été corrélé positivement à l'axe F1, négativement à l'axe F2 alors que le taux d'extrait sec a été fortement et négativement corrélé à l'axe F1, faiblement et négativement à l'axe F2. Ces deux axes ont permis de décrire les différentes fréquences annuelles de stimulation appliquées aux arbres. Dans le quart de plan contenant les paramètres de taux de LEM et d'arbres secs, le traitement 26/y a été caractéristique d'un taux de LEM très élevé et le traitement 13/y, d'un taux d'arbres secs très important, avec un taux d'extrait sec et une production moins importants. A l'opposé, dans le quart de plan contenant le paramètre de taux d'extrait sec et de production, le traitement 8/y a été caractéristique d'un taux d'extrait sec très élevé et le traitement 4/y, d'une production importante, avec des taux d'arbres secs et de LEM moins importants. Les traitements 0, 1 et 6/y, se trouvant dans le quart de plan comportant les paramètres de teneurs en composés thiols et d'accroissement de circonférence du tronc, ont permis d'avoir une valeur importante de ces paramètres mais, des valeurs moins importantes en saccharose et en phosphore inorganique. A l'opposé, le traitement 2/y, est situé dans le quart de plan comportant des teneurs élevées en saccharose et en phosphore inorganique, et des moins élevées de composés thiols et d'accroissement de circonférence du tronc. Les traitements de ces deux quarts de plan cités ont donné une production de caoutchouc moins importante, des taux d'extrait secs, d'arbres sec et de LEM faibles. La fréquence de deux (2) stimulations annuelles (2/y) a été celle favorable au clone PB 260.

**Tableau 1** : Liste des différents traitements appliqués aux clones PB 235 et PB 260.

N° traitements	Technique de récolte du latex	Description
1	Témoin absolu	non saigné
2	S/2 d4 6d/7 12 m/12.ET2,5% Pa1(1) 0/y*	saignée en demi-spirale descendante tous les 4 j, 6 j sur 7, 12 mois sur 12 ; application de 1 g de pate stimulante concentré 2, 5% d'Ethéphon sur l'encoche de saignée, sur 1 cm de hauteur sur le panneau ; zéro application annuelle.
3	S/2 d4 6d/7 12 m/12.ET2,5% Pa1(1) 1/y*	saignée en demi-spirale descendante tous les 4 j, 6 j sur 7, 12 mois sur 12 ; application de 1 g de pate stimulante concentré 2, 5% d'Ethéphon sur l'encoche de saignée, sur 1 cm de hauteur sur le panneau ; une application par an.
4	S/2 d4 6d/7 12 m/12.ET2,5% Pa1(1) 2/y*	saignée en demi-spirale descendante tous les 4 j, 6 j sur 7, 12 mois sur 12 ; application de 1 g de pate stimulante concentré 2, 5% d'Ethéphon sur l'encoche de saignée, sur 1 cm de hauteur sur le panneau ; 2 applications par an.
5	S/2 d4 6d/7 12 m/12.ET2,5% Pa1(1) 4/y (m)	saignée en demi-spirale descendante tous les 4 j, 6 j sur 7, 12 mois sur 12 ; application de 1 g de pate stimulante concentré 2, 5% d'Ethéphon sur l'encoche de saignée, sur 1 cm de hauteur sur le panneau ; 4 applications par an.
6	S/2 d4 6d/7 12 m/12.ET2,5% Pa1(1) 6/y (3w)	saignée en demi-spirale descendante tous les 4 j, 6 j sur 7, 12 mois sur 12 ; application de 1 g de pate stimulante concentré 2, 5% d'Ethéphon sur l'encoche de saignée, sur 1 cm de hauteur sur le panneau ; 6 applications par an.
7	S/2 d4 6d/7 12 m/12.ET2,5% Pa1(1) 8/y (2w)	saignée en demi-spirale descendante tous les 4 j, 6 j sur 7, 12 mois sur 12 ; application de 1 g de pate stimulante concentré 2, 5% d'Ethéphon sur l'encoche de saignée, sur 1 cm de hauteur sur le panneau ; 8 applications par an.
8	S/2 d4 6d/7 12 m/12.ET2,5% Pa1(1) 13/y (w)	saignée en demi-spirale descendante tous les 4 j, 6 j sur 7, 12 mois sur 12 ; application de 1 g de pate stimulante concentré 2, 5% d'Ethéphon sur l'encoche de saignée, sur 1 cm de hauteur sur le panneau ; 13 applications par an.
9	S/2 d4 6d/7 12 m/12.ET2,5% Pa1(1) 26/y (4d)	saignée en demi-spirale descendante tous les 4 j, 6 j sur 7, 12 mois sur 12 ; application de 1 g de pate stimulante concentré 2, 5% d'Ethéphon sur l'encoche de saignée, sur 1 cm de hauteur sur le panneau ; 26 applications par an.

Le produit stimulant est constitué du mélange huile de palme-Ethrel, dont la matière active est l'Ethéphon. (m) : mois ; (w) : semaine ; (d) : jour.

**Tableau 2 :** Valeurs moyennes de production de caoutchouc, des paramètres physiologiques, d'accroissement, de taux d'encoche sèche et d'arbres sec en l'absence de stimulation hormonale.

Clones	P0 g/a/s.cm <sup>-1</sup>	Ex.SP0 (%)	SacP0 mmol.l <sup>-1</sup> <sub>1</sub>	PiP0 mmol.l <sup>-1</sup>	RSHP0 mmol.l <sup>-1</sup>	CircP0 cm.an <sup>-1</sup>	LEM (%)	Arb.secs (%)
<b>PB 260</b>	1,40 a	58,50 a	7,33 c	11,48 b	0,58 a	2,38 b	9,70	3,20
<b>PB 235</b>	1,11 b	48,54 b	6,31 c	16,34 a	0,40 b	2,96 a	3,20	3,20

Dans une même colonne, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Newman-Keuls. P0 : production de caoutchouc sans stimulation ; Ex.SP0 : taux d'extrait sec sans stimulation de la production ; SacP0 : teneur en saccharose sans stimulation de la production ; PiP0 : teneur en phosphore inorganique sans stimulation de la production ; RSHP0 : teneur en composés thiols sans stimulation de la production ; CircP0 : accroissement moyen annuel de la circonférence du tronc des arbres sans stimulation de la production ; LEM : pourcentage de longueur d'encoche malade sans stimulation de la production ; Arb.secs : pourcentage d'arbres totalement secs sans stimulation de la production.

**Tableau 3 :** Production moyenne de caoutchouc et accroissement moyen annuel des clones PB 235 et PB 260 après 9 ans sous différents régimes annuels de stimulation éthylénique.

Régime annuel de stimulation éthylénique	PB 235		PB 260	
	Production (g/a/scm <sup>-1</sup> )	Accroissement moyen annuel (cm.an <sup>-1</sup> )	Production (g/a/scm <sup>-1</sup> )	Accroissement moyen annuel (cm.an <sup>-1</sup> )
<b>Non saigné</b>	-	5,64 a	-	4,32 a
<b>0</b>	1,11 a	2,96 b	1,40 c	2,38 b
<b>1</b>	1,14 a	2,82 bc	1,49 abc	2,28 b
<b>2</b>	1,14 a	2,97 b	1,57 abc	2,11 b
<b>4</b>	1,22 a	2,62 bcd	1,65 ab	2,20 b
<b>6</b>	<b>1,31 a</b>	<b>2,65 bcd</b>	1,63 ab	1,60 c
<b>8</b>	1,27 a	2,41 bcd	<b>1,71 a</b>	<b>1,59 c</b>
<b>13</b>	1,24 a	2,29 cd	1,52 abc	1,46 c
<b>26</b>	1,22 a	2,17 d	1,44 bc	1,42 c
<b>Δ</b>	<b>0,20 (18,01%)</b>	<b>-0,31</b>	<b>0,31 (22,14%)</b>	<b>-0,79</b>

Dans une même colonne, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Newman-Keuls.

**Tableau 4 :** Paramètres physiologiques des clones PB 235 et PB 260 après 9 ans sous différents régimes annuels de stimulation éthylénique.

Régime annuel de stimulation éthylénique	PB 235				PB 260			
	Ex.S (%)	Sac mmol.l <sup>-1</sup>	Pi mmol.l <sup>-1</sup>	RSH mmol.l <sup>-1</sup>	Ex.S (%)	Sac mmol.l <sup>-1</sup>	Pi mmol.l <sup>-1</sup>	RSH mmol.l <sup>-1</sup>
0	48,54 a	6,31 a	16,34 a	0,40 a	58,50 a	7,33 a	11,48 a	0,58 ab
1	49,40 a	6,44 a	13,79 a	0,37 a	58,78 a	7,13 a	14,41 a	0,67 a
2	50,25 a	4,48 b	14,92 a	0,40 a	56,42 a	8,23 a	14,58 a	0,63 ab
4	47,44 a	4,41 b	16,10 a	0,33 abc	59,69 a	6,90 a	14,15 a	0,54 abc
6	<b>46,15 ab</b>	<b>3,79 bc</b>	<b>16,31 a</b>	<b>0,30 bcd</b>	58,09 a	7,60 a	13,29 a	0,50 bc
8	45,41 ab	2,72 c	14,36 a	0,26 cd	<b>59,99 a</b>	<b>6,58 a</b>	<b>11,18 a</b>	<b>0,38 c</b>
13	41,41 b	2,65 c	12,19 a	0,25 d	59,52 a	6,66 a	11,86 a	0,40 c
26	36,38 c	2,70 c	13,01 a	0,24 d	57,54 a	7,44 a	14,18 a	0,42 c
Δ	<b>-2,39</b>	<b>-2,52</b>	<b>-0,03</b>	<b>-0,10</b>	<b>1,49</b>	<b>-0,75</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,20</b>

Dans une même colonne, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Newman-Keuls.

**Tableau 5.** Sensibilité à l'encoche sèche des clones PB 235 et PB 260, après 9 ans, sous différents régimes annuels de stimulation éthylénique.

Régime annuel de stimulation éthylénique	PB 235		PB 260	
	LEM (%)	Arb. Secs (%)	LEM (%)	Arb. Secs (%)
<b>0</b>	3,20 f	3,20 c	9,70 c	3,20 b
<b>1</b>	4,00 ef	0,00 d	6,50 d	3,20 b
<b>2</b>	12,30 c	6,70 a	5,30 d	0,00 c
<b>4</b>	5,20 de	3,00 c	4,40 d	3,10 b
<b>6</b>	5,70 d	0,00 d	5,80 d	0,00 c
<b>8</b>	2,50 f	0,00 d	5,50 d	3,20 b
<b>13</b>	18,60 b	3,40 bc	21,00 b	6,50 a
<b>26</b>	27,30 a	3,80 b	38,00 a	3,10 b

Dans une même colonne, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Newman-Keuls.

n / y : nombre de stimulation par an ; LEM (%) : longueur d'encoche malade exprimé en pourcentages ; Arb.secs (%) : taux d'arbres totalement secs en pourcentages.

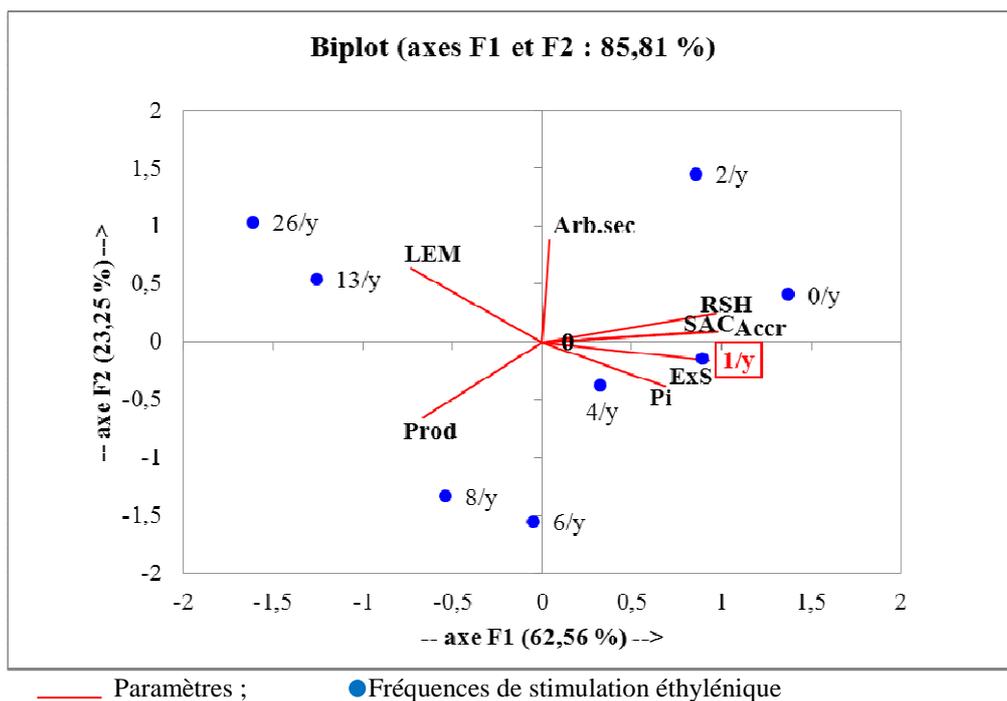
**Tableau 6 :** Matrice de corrélation entre paramètres étudiés du clone PB 235.

	<b>Production</b>	<b>Accroissement</b>	<b>Extrait Sec</b>	<b>Saccharose</b>	<b>Phosphore inorganique</b>	<b>Composés thiols</b>	<b>Longueur d'encoche malade</b>	<b>Arbres secs</b>
Production	1	-0,657	-0,457	<b>-0,764</b>	-0,072	<b>-0,789</b>	0,100	-0,466
Accroissement	-0,657	1	<b>0,915</b>	<b>0,850</b>	0,652	<b>0,978</b>	-0,632	0,152
Extrait Sec	-0,457	<b>0,915</b>	1	<b>0,734</b>	0,626	<b>0,860</b>	<b>-0,818</b>	-0,047
Saccharose	<b>-0,764</b>	<b>0,850</b>	<b>0,734</b>	1	0,473	<b>0,888</b>	-0,567	-0,057
Phosphore inorganique	-0,072	0,652	0,626	0,473	1	0,576	-0,683	-0,098
Composés thiols	<b>-0,789</b>	<b>0,978</b>	<b>0,860</b>	<b>0,888</b>	0,576	1	-0,538	0,260
Longueur d'encoche malade (LEM)	0,100	-0,632	<b>-0,818</b>	-0,567	-0,683	-0,538	1	0,519
Arbres secs (Arb.sec)	-0,466	0,152	-0,047	-0,057	-0,098	0,260	0,519	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil  $\alpha=0,050$  (test bilatéral).

**Tableau 7** : Corrélation des variables avec les axes F1 et F2 chez le clone PB 235.

Variabiles	Axe F1	Axe F2
Production	-0,664	-0,657
Accroissement	0,976	0,090
Extrait Sec	0,927	-0,165
Saccharose	0,902	0,093
Phosphore inorganique	0,685	-0,387
Composés thiols	0,967	0,245
Longueur d'encoche malade (LEM)	-0,729	0,637
Arbres secs (Arb.sec)	0,042	0,877



**Figure 1** : Répartition des différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique selon leurs effets sur les paramètres agrophysiologiques du clone PB 235.

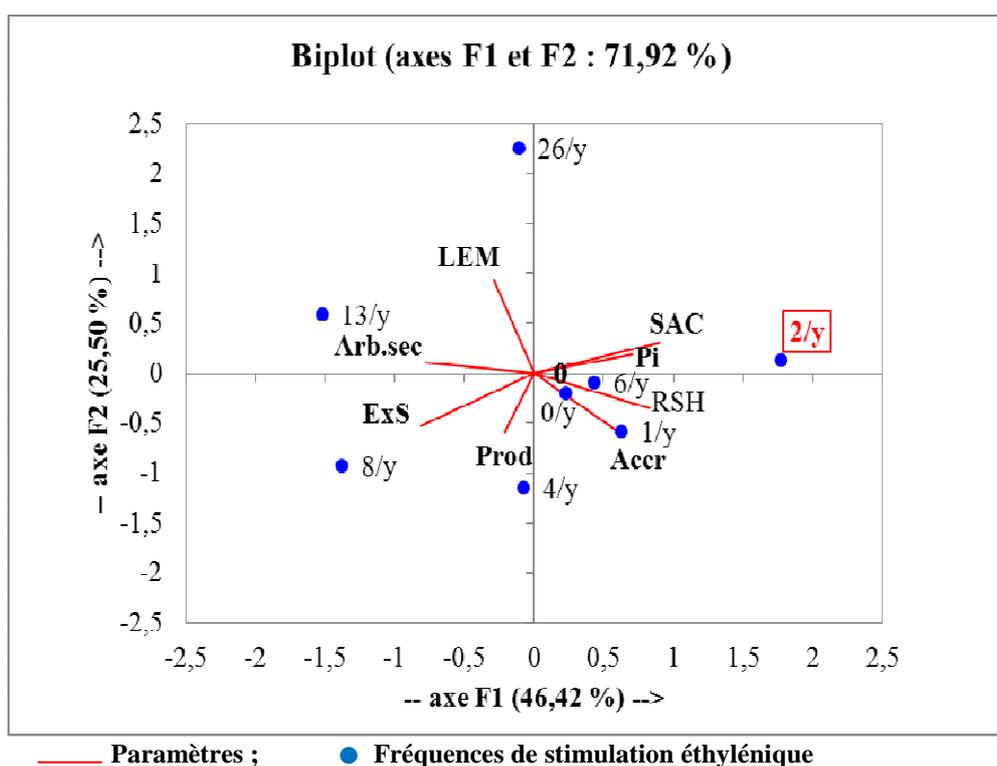
**Tableau 8 :** Matrice de corrélation entre paramètres étudiés du clone PB 260.

	<b>Production</b>	<b>Accroissement</b>	<b>Extrait Sec</b>	<b>Saccharose</b>	<b>Phosphore inorganique</b>	<b>Composés thiols</b>	<b>Longueur d'encoche malade</b>	<b>Arbres secs</b>
Production	1	-0,224	0,375	-0,251	-0,070	-0,284	-0,548	-0,265
Accroissement	-0,224	1	-0,087	0,241	0,238	<b>0,881</b>	-0,589	-0,213
Extrait Sec	0,375	-0,087	1	<b>-0,965</b>	-0,564	-0,408	-0,197	0,661
Saccharose	-0,251	0,241	<b>-0,965</b>	1	0,574	0,534	-0,035	<b>-0,793</b>
Phosphore inorganique	-0,070	0,238	-0,564	0,574	1	0,541	0,058	-0,463
Composés thiols	-0,284	<b>0,881</b>	-0,408	0,534	0,541	1	-0,503	-0,428
Longueur d'encoche malade (LEM)	-0,548	-0,589	-0,197	-0,035	0,058	-0,503	1	0,404
Arbres secs (Arb.sec)	-0,265	-0,213	0,661	<b>-0,793</b>	-0,463	-0,428	0,404	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral).

**Tableau 9** : Corrélation des variables avec les axes F1 et F2 chez le clone PB 260.

Variables	Axe F1	Axe F2
Production	-0,213	-0,579
Accroissement	0,577	-0,555
Extrait Sec	-0,808	-0,523
Saccharose	0,901	0,309
Phosphore inorganique	0,706	0,190
Composés thiols	0,826	-0,344
Longueur d'encoche malade (LEM)	-0,289	0,928
Arbres secs (Arb.sec)	-0,779	0,111



**Figure 2** : Répartition des différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique selon leurs effets sur les paramètres agrophysiologiques du clone PB 260.

## DISCUSSION

### Caractéristiques des clones PB 235 et PB 260 à l'absence de stimulation hormonale de la production

#### Paramètres agrophysiologiques

En l'absence de stimulation hormonale, les clones PB 260 et PB 235 ont été efficaces dans la production de caoutchouc. Cette efficacité a été observable au niveau du taux d'extrait sec qui est d'autant plus élevé que la production l'est également. En revanche, la teneur en saccharose du latex, source de matière première à l'élaboration du caoutchouc, est globalement d'autant plus forte que la production est faible. Quant à la teneur en phosphore inorganique, elle indique une bonne disponibilité de l'énergie interne permettant l'activation du métabolisme et donc à l'origine d'une bonne production de caoutchouc. Aussi, nos résultats de production de caoutchouc, de taux d'extrait sec, de teneurs en saccharose et en phosphore inorganique du latex ont-ils permis de caractériser et d'identifier ces clones comme ceux appartenant à la classe d'activité métabolique active. Ils confirment ainsi ceux des travaux de Jacob et al. (1995) et Gohet et al. (1996), qui ont classé les clones PB 260 et PB 235 dans le groupe des clones à métabolisme très actif. En effet, l'activation métabolique des clones est assurée par l'énergie intrinsèque dont la disponibilité initiale détermine leur productivité en caoutchouc. Cette énergie, variable selon le groupe de clones, est indispensable à un fonctionnement métabolique bon à meilleur. Elle est en partie responsable de la productivité des clones et caractérise ceux-ci. Comme nous l'avons déjà montré, de même que plusieurs auteurs (Jacob et al., 1989 et Lacote et al., 2010), l'activation métabolique est régie par l'énergie intrinsèque. Pour atteindre le maximum d'activation métabolique, le différentiel d'énergie devra être d'origine exogène. Il est apporté par la stimulation hormonale (éthylénique) comme le montrent nos résultats. En outre, ce différentiel d'énergie est étroitement lié à l'énergie métabolique initiale. La mise en parallèle des résultats sur le clone PB 217 de

Traoré, 2013 et des nôtres conforte cette assertion. Ainsi, sommes-nous fondés de stimuler les clones PB 260 et PB 235 très modérément. Cette conclusion à laquelle nous sommes parvenus n'est pas surprenante puisqu'elle corrobore celle de nombreux autres auteurs (Jacob et al., 1995 et Gohet et al., 1996). Ces derniers ont préconisé, en effet, un régime de stimulation éthylénique très modéré pour les clones à métabolisme actif.

Concernant la croissance végétative radiale, nos résultats ont montré que le clone PB 235 a un meilleur accroissement que le PB 260. Ces résultats illustrent l'antagonisme existant entre la production de caoutchouc et la croissance végétative radiale. En effet, le clone PB 260 avec la plus forte production de caoutchouc a donné le plus faible accroissement de circonférence du tronc. Le meilleur accroissement de circonférence affiché par le clone PB 235 est en accord avec son niveau de production qui est relativement plus faible que celui du PB 260. Ces résultats corroborent ceux d'autres auteurs (Gohet, 1996 ; Obouayeba et al., 2000 ; 2002). Cet antagonisme vient de ce qu'à la mise en saignée des hévéas, deux importantes fonctions se mettent à la fois en place. La croissance végétative radiale (métabolisme primaire) qui maintient la production de biomasse primaire indispensable à la vie de la plante et la fonction de production de caoutchouc est assurée par le métabolisme secondaire. Ces deux importantes fonctions sont exigeantes en énergie et photosynthétats au point où, à partir de cette étape, la plante va gérer au mieux ces ressources participant à sa vie. Une partition métabolique des photosynthétats et de l'énergie s'établit alors chez l'hévéa mature, en saignée, comme l'ont déjà indiqué plusieurs auteurs : Gohet (1996) et Obouayeba et al. (1996) pour faire face à la forte compétition entre croissance végétative radiale et production de caoutchouc.

#### Sensibilité à l'encoche sèche

Les clones PB 260 et PB 235 ont été sensibles à l'encoche sèche. Comme l'ont déjà indiqué de nombreux auteurs (Jacob et al., 1995 ; Gohet et al., 1996). Cette sensibilité se

confirme par les pourcentages d'arbres totalement secs observés chez les deux clones de cette étude.

### **Effet de la stimulation éthylénique annuelle de la production**

#### ***Paramètres agrophysiologiques***

Chez le clone PB 235, la stimulation n'a pas eu un effet sur la production de caoutchouc. En effet, toutes les fréquences annuelles de stimulation testées ont eu des productions statistiquement équivalentes même avec le témoin non stimulé. Par contre, chez le clone PB 260, l'effet de la stimulation hormonale sur la production de caoutchouc est perceptible mais, il n'est pas aussi bien tranchée que pour les clones des autres métabolismes, notamment modéré avec le clone GT 1 (Traoré et al., 2011) et lent (PB 217 ; Traoré et al., 2013). Les valeurs de production de caoutchouc des arbres des traitements 1 à 13/y, l'attestent puisqu'elles sont de même ordre d'importance pour des niveaux de stimulation croissants. Ceci découle du fait que, ces clones ont une activité métabolique forte due certainement à leur énergie métabolique intrinsèque. En l'absence de stimulation de la production, les clones de cette classe de métabolisme sont capables de produire une importante quantité de caoutchouc. Leur forte production de caoutchouc n'est pas directement liée à la stimulation qu'on leur apporte. C'est une caractéristique intrinsèque de ceux-ci. Cet ensemble de faits, confirme l'appartenance des clones PB 235 et PB 260 à la même classe d'activité métabolique, notamment active. Les résultats ainsi obtenus sont en accord avec la notion de typologie clonale de fonctionnement métabolique du système laticigène des clones d'*Hevea brasiliensis* telle que définie par plusieurs auteurs, Jacob et al. (1995), Gohet et al. (1996). L'accroissement moyen annuel de circonférence des arbres non saignés est supérieur à celui des arbres saignés. Ceci illustre le fait que la mise en saignée des hévéas se traduit par le détournement d'une fraction des assimilats photosynthétiques et de l'énergie biochimique, strictement affectés au métabolisme général de l'arbre et à la

biomasse primaire (bois et écorce) vers d'autres fonctions ou métabolisme (Obouayeba et al., 1996). Elle oriente ainsi le métabolisme vers une régénération du matériel cellulaire exporté lors de la saignée et correspondant à la synthèse de biomasse secondaire, comme l'ont montré Jacob et al. (1995). La conséquence de cette activité est une réduction de la croissance végétative qui s'est traduite par une relative diminution de la circonférence du tronc des arbres mis en saignée par rapport à celle des arbres non saignés (Gohet, 1996). Nos résultats sont analogues aux observations de Obouayeba et Boa (1993), Obouayeba et al. (2002). Ces auteurs ont montré que la mise en saignée s'accompagne inéluctablement d'une réduction du rythme annuel de croissance végétative. L'intensification par la stimulation éthylénique de la technique de récolte du latex d'un arbre se traduit par une relative réduction de l'accroissement moyen annuel de la circonférence du tronc, comparée à un témoin non stimulé. En effet, l'orientation de l'énergie et des assimilats photosynthétiques vers la production de latex s'effectue au détriment de la croissance végétative radiale comme Gohet (1996) l'a déjà montré. En fait, la stimulation hormonale, par son effet, augmente la production de caoutchouc en orientant fortement les assimilats hydrocarbonés vers celle-ci au détriment de la croissance végétative. Il s'ensuit une diminution de la croissance en épaisseur du tronc des arbres stimulés par rapport aux arbres non stimulés telle qu'observée par Gohet (1996), Obouayeba et al. (2002). En ce qui concerne les paramètres physiologiques, l'extrait sec reflète l'activité biosynthétique des laticifères. Les clones PB 260 et PB 235, n'ont subi globalement aucun effet dépressif de la stimulation malgré l'augmentation de la production de caoutchouc qu'elle a engendrée. Ceci est le signe d'une bonne régénération du latex exporté lors de la saignée (Milford et al., 1969). La consommation du saccharose du latex dépend de l'activation et du niveau de production imposé au clone, notamment par l'emploi de la stimulation hormonale de la production. Le saccharose, étant la matière

première nécessaire à la biosynthèse du caoutchouc, peut devenir de ce fait, potentiellement un facteur limitant essentiel du métabolisme de régénération et donc de la production de caoutchouc (Jacob et al., 1988 ; 1995 ; Lacrotte, 1991). Chez le clone PB 235, la teneur en saccharose des arbres a fortement diminué avec l'augmentation du nombre annuel de stimulation. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Lacrotte (1991). Tous les arbres stimulés ont eu une teneur en saccharose inférieure à celle des arbres du témoin non stimulé, du fait qu'il y a eu une consommation quelquefois accrue de saccharose pour la biosynthèse du caoutchouc (Lacrotte, 1991). Cette chute de la teneur en saccharose, a été plus prononcée à partir de 8/y. Il y a donc eu une transformation accrue du saccharose intralaticifère pour la biosynthèse du caoutchouc en rapport avec l'augmentation de la fréquence annuelle de stimulation à partir de 8/y comme l'a noté Lacrotte (1991). Au niveau du clone PB 260, les teneurs en saccharose sont restées constantes malgré l'augmentation de la fréquence de stimulation éthylénique. Il y a donc eu un bon approvisionnement en saccharose des laticifères (Prévôt et al., 1986). Ces résultats mettent en exergue la variabilité de la réponse à la stimulation des clones d'une même classe d'activité métabolique (Diarrassouba et al., 2012 ; Diarrassouba, 2013). Ce bon approvisionnement est sans doute la principale raison de la disponibilité permanente du saccharose dans les laticifères, permettant une bonne production de caoutchouc. Pour chacun des clones étudiés, les teneurs en phosphore inorganique ont été toutes du même ordre de grandeur indépendamment de la fréquence annuelle de stimulation appliquée aux arbres. Ce résultat met en exergue l'effet activateur du métabolisme par la saignée et la stimulation, comme montré par Obouayeba et al. (1996). La saignée, par le stress qu'elle induit, active probablement le métabolisme des laticifères au même titre que la stimulation hormonale, par la production de l'éthylène (Obouayeba et Boa, 1993). Cet éthylène est produit et libéré lors d'un stress dans les tissus pour agir en

activant tout le processus de synthèse de la molécule de cis-polyisoprène, précurseur de la synthèse du caoutchouc comme l'a montré Lacrotte (1991). Après 9 ans d'expérimentation sous régime de stimulation, les arbres des différents traitements des 2 clones étudiés ont affiché une baisse de leurs teneurs en composés thiols. L'augmentation du nombre annuel de stimulation a entraîné une forte diminution de cette teneur, particulièrement pour le clone PB 235. Ceci s'explique par le fait que les stimulations répétées ont provoqué l'instabilité des colloïdes du latex, favorisant ainsi la coagulation du latex et ralentissant son écoulement (Chrestin, 1984). En effet, l'intensification du métabolisme des clones par la stimulation conduit à un stress de plus en plus intense, se traduisant par une fragilisation des systèmes protecteurs et aboutissant à la "fatigue physiologique". Ceci est probablement la principale cause de la chute des molécules antioxydantes utilisées pour neutraliser les formes toxiques d'oxygène produites lors de l'intensification du métabolisme (Chrestin et al., 1984).

#### **Sensibilité à l'encoche sèche (LEM et arbres totalement secs)**

L'analyse des résultats de la sensibilité des clones à l'encoche sèche a indiqué que les pourcentages de longueur d'encoche malade les plus élevés sont globalement obtenus avec les plus fortes fréquences annuelles de stimulation. Comme l'a démontré Chrestin (1985), ce type d'encoche sèche est dit encoche sèche induite par surexploitation et elle a été décrite par Jacob et Prévôt (1989). En effet, la stimulation entraîne une diminution des teneurs en composés thiols de par son intensité. Ces antioxydants favorisent la stabilité des lutoïdes et leur faible teneur entraîne la décompartmentation de ceux-ci qui sont détruits *in situ*. Leur lyse, conduite à la coagulation du latex au sein des laticifères, entraîne l'arrêt de l'écoulement du latex et provoque à long terme l'encoche sèche (Chrestin, 1984). Ces résultats sont conformes aux observations empiriques des producteurs et ceux obtenus par De Fäy

(1981), Chrestin (1985). La sensibilité à l'encoche sèche des clones selon la classe d'activité métabolique est probablement due au fait qu'ils présentent de faibles teneurs en saccharose et en composés thiols (signe de la déstabilisation des lutoïdes). Chez les clones PB 235 et PB 260, sous l'effet de la stimulation, les lutoïdes sont beaucoup plus dégradés consécutivement à la baisse en composés thiols qui en découle. Le fait que certains arbres témoins, non stimulés, soient totalement secs, est une illustration de ce que la sensibilité à l'encoche sèche est spécifique à la classe d'activité métabolique d'un clone donné (Jacob et al., 1995 ; Gohet et al., 1996). L'emploi de la stimulation éthylénique a pour effet d'accroître l'activité métabolique du système laticigène et donc d'en augmenter le rendement (Jacob et al., 1989). Son utilisation doit cependant être raisonnée du fait du danger qu'elle peut représenter en activant les processus oxydatifs, activation reflétée par la chute des composés thiols.

### Conclusion

Une étude destinée à comprendre la réaction des clones d'*Hevea brasiliensis* PB 235 et PB 260 à la stimulation hormonale de la production a été conduite au sud-est de la Côte d'Ivoire. Elle a porté sur l'effet de différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique sur la productivité en caoutchouc de ces clones, avec un seul système de saignée (demi-spirale descendante tous les 4 j ou S/2 d4). Les résultats de cette étude ont indiqué que pour exprimer au mieux leurs potentialités, la fréquence de 1/y est adaptée au clone PB 235 et celle de 2/y au clone PB 260. La réponse à la stimulation, donc l'augmentation de la production de caoutchouc, est en partie tributaire du saccharose intralaticifère disponible. Elle participe de l'amélioration de la productivité et surtout de l'amointrissement du stress pouvant susciter la fatigue physiologique, voire l'encoche sèche. En outre, l'activation du métabolisme et la protection anti-sénescence, dépendent respectivement des teneurs en phosphore inorganique et en composés thiols. L'intensification de la

récolte du latex par l'emploi de la stimulation a montré que celle-ci a un effet dépressif sur la croissance isodiamétrique du tronc des arbres, du fait qu'elle favorise préférentiellement la production de caoutchouc au détriment de la croissance en épaisseur du tronc de l'arbre. Elle a aussi des effets sur les paramètres physiologiques allant soit dans le sens de l'augmentation, soit de la baisse de leur teneur au sein du latex. Quant à la sensibilité à l'encoche sèche, elle est à priori, une caractéristique intrinsèque de ces clones à métabolisme actif. L'étude entreprise pendant 9 ans sur les clones PB 235 et PB 260 d'*Hevea brasiliensis* a donné des résultats forts intéressants. Elle contribue à l'amélioration des connaissances sur la stimulation de la production de caoutchouc.

### REFERENCES

- Anonyme. 1993. *Recueil de Fiches de Clones Hévéa*. CIRAD-Cultures pérennes. Montpellier, France ; 20.
- 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 Doct. Etat Sci. Nat., Université Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, France, p. 575.
- Chrestin H, Bangratz J, d' Auzac J, Jacob JL. 1984. Role of the lutoidic tonoplast in the senescence and degradation of the laticifers of *Hevea brasiliensis*. *Z. Pflanzen Physiol.*, **114**: 261 - 268.
- Chrestin H. 1985. La stimulation à l'éthrel de l'hévéa ; jusqu'où ne pas aller trop loin. *Caoutch. Plast.*, **647- 648**: 75 – 78.
- Diarrassouba M, Soumahin EF, Coulibaly LF, N'guessan AEB, Dick K., Kouamé C, Obouayeba S, Aké S. 2012. Latex harvesting technologies adapted to clones PB 217 and PR 107 of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg of the slow metabolism class and to the socio-economic context of Côte d'Ivoire. *International Journal of Biosciences*, **2**(12): 125-138.
- Diarrassouba M. 2013. Contribution à la définition de technologies de récolte de latex adaptées aux clones d'*Hevea*

- brasiliensis* Muell. Arg. (euphorbiacée) des classes d'activité métabolique, active, modérée et lente. Thèse de doctorat Unique, UFR Biosciences, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, p. 207.
- Fâÿ (De) E. 1981. Histophysiologie comparée des écorces saines et pathologiques (maladie des encoches sèches) d'*Hevea brasiliensis*. Thèse de Doctorat 3<sup>e</sup> cycle. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France, p. 66.
- Gohet E. 1996. La production de latex par *Hevea brasiliensis*. Relations avec la croissance. Influence des différents facteurs : origine clonale, stimulation hormonale, réserves hydrocarbonées. PhD thesis, Université Montpellier II, France, p. 343.
- Gohet E, Prévôt JC, Eschbach JM, Clément A, Jacob JL. 1996. Clone, growth and stimulation : latex production factors. *Plantation Recherche Développement*, **3**: 30 - 38.
- Jacob JL, Serrès E, Prévôt JC, Lacrotte R, Clément-Vidal A, Eschbach JM, d'Auzac J. 1988. Mise au point du diagnostic latex. *Agritrop*, **12**: 97-118.
- Jacob JL, Prévôt JC. 1989. Bark dryness : histological, cytological and biochemical aspect. Workshop on tree dryness, 26 – 27 june, Penang, IRRDB, Malaysia, 37 – 54.
- Jacob JL, Prévôt JC, Roussel D, Lacrotte R, Serres D, d'Auzac J, Eschbach JM and Omont H. 1989. Yield-limiting factors, latex physiological parameters, latex diagnosis, and clonal typology. *Physiology of Rubber Tree Latex*, d'Auzac J, Jacob JL, Chrestin H (eds). CRC Press: Boca Raton; 345-403.
- Jacob JL, Prévôt JC, Lacrotte R, Eschbach JM. 1995. Le diagnostic latex. *Plantations, Recherche, Développement*, **2**: 34 - 37.
- Lacote R, Gabla O, Obouayeba S, Eschbach JM, Rivano F, Dian K, Gohet E. 2010. Long-term effect of ethylene stimulation on the yield of rubber trees is linked to latex cell biochemistry. *Field Crops Research*, **115**: 94 - 98.
- 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, p. 266.
- Milford GFJ, Paardekooper EC, Ho CY. 1969. Latex vessels plugging, its importance to yield and clonal behaviour. *Journal of Rubber Research Institute of Malaysia*, **21**: 274-282.
- Obouayeba S. 1993. Estimation de la quantité de pâte stimulante appliquée sur les hévéas en fonction de leur circonférence au sud-est de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, **1**: 26-32.
- 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. *Cahiers Agricultures*, **2**(6): 387-393.
- Obouayeba S, Boa D, Kéli JZ. 1996. Adéquation entre quantité de pâte stimulante et production de caoutchouc d'*Hevea brasiliensis* dans le sud-est de la Côte d'Ivoire. *Tropicicultura*, **14**(2): 54-58.
- Obouayeba S, Boa D, Gohet E, Dian K, Ouattara N, Kéli JZ. 2000. Dynamics of vegetative growth of *Hevea brasiliensis* in the determination of tapping norms. *J. Rubb.Res.*, **3**(1): 53-62.
- Obouayeba S, Boa D, Aké S, Lacrotte R. 2002. Influence of age and girth at opening on growth and productivity of *Hevea*. *Indian Journal of Rubber Research*, **15**(1): 38 - 45.
- Obouayeba S, Soumahin EF, Dobo M, Lacote R, Gabla O, Doumbia A. 2009. Agronomic performance of clone IRCA 111 of *Hevea brasiliensis* under different frequencies of tapping and stimulation in South-West Côte d'Ivoire. *Journal of Rubber Research*, **12**(2): 93-102.
- Okoma KM, Dian K, Obouayeba S, Elabo AAE, N'guetta ASP. 2011. Seasonal variation of tapping panel dryness expression in rubber tree *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. in Côte

- d'Ivoire. *Agriculture and Biology Journal of North America*, **2**(3): 559-569.
- Prévôt JC, Jacob JNL, Lacrotte, R, Vidal A, Serrès E, Eschbach JM, Gigault J. 1986. Physiological parameters of latex from *Hevea brasiliensis*. Their use in the study of the laticiferous system. Typology of functioning production mechanisms. Effects of stimulation. In *IRRDB physiology and Récolte de latex Meeting, Hainan, 1986*, Yanqing P, Canwen L (eds). South China Academy of Tropical Crops of functioning: Hainan; 136-157.
- Silpi U, Chantuna P, Kasemsap P, Thanisawanyangkura S, Lacoïnte A, Améglio T, Gohet E. 2006. Sucrose metabolism distribution patterns in the lattices of three *Hevea brasiliensis* : effects of tapping and stimulation on the tree trunk. *J. Rubb. Res.*, **9**: 115 – 131.
- Soumahin E, Obouayeba S, Anno AP. 2009. Low tapping frequency with hormonal stimulation on *Hevea brasiliensis* clone PB 217 reduces tapping manpower requirement. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **2**(3): 109-117.
- Soumahin EF. 2010. Optimisation des systèmes d'exploitation en hévéaculture par la réduction des intensités de saignée. Thèse unique de Doctorat, UFR Biosciences, Université Cocody, Côte d'Ivoire, p. 189.
- Soumahin EF, Obouayeba S, Dick KE, Dogbo DO, Anno AP. 2010. Low intensity tapping system applied to the clone PR 107 of *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) : Assessment of 21 years of exploitation in the south east of Côte d'Ivoire. *African Journal of Plant Science*, **4**(5): 145-153.
- Thomas V, Prémakumari D, Reghu CP, Panikkar AON, Saraswathy ACK. 1995. Anatomical and histochemical aspects of bark regeneration in *Hevea brasiliensis*. *Annals of Botany Company*, **75**: 421-426.
- Traoré MS, Diarrassouba M, Obouayeba S, Dick KE, Soumahin EF, Coulibaly LF. 2011. Long-term effect of different annual frequencies of ethylene stimulation on rubber productivity of clone GT 1 of *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) in south east of Côte d'Ivoire. *Agriculture and Biology Journal of North America*, **2**(8): 1251-1260.
- Traoré MS. 2013. Effets de différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique sur les paramètres agrophysiologiques des clones d'*Hevea brasiliensis* au Sud-Est de la Côte d'Ivoire : PB 235, PB 260, GT 1 et PB 217. Thèse unique de Doctorat, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët BOIGNY, Côte d'Ivoire, p. 168.
- Traoré MS, Dick AE, Elabo AAE, Soumahin EF, Coulibaly LF, Camara B, Allé YJ, N'guessan AEB, Kouamé C, Obouayeba S. 2013. Effets de différentes fréquences annuelles de stimulation éthylénique sur les paramètres agrophysiologiques et la sensibilité à l'encoche sèche des clones d'*Hevea brasiliensis* au Sud-Est de la Côte d'Ivoire : cas de la classe d'activité métabolique lente (PB 217). *European Journal of Scientific Research*, **114**(4): 447 – 465.
- Van de Sype H. 1984. The dry cut syndrome in *Hevea brasiliensis*, evolution, agronomical and physiological aspects. C. R. Coll. IRRDB Physiol. Expl. Amel. Hévéa. IRCA-CIRAD, Montpellier, 227-249.