

# Influence des pratiques agronomiques et de la pluviométrie sur la sensibilité à la maladie de l'encoche sèche de l'hévéa dans trois zones de productions hévéicoles de la Côte d'Ivoire

ZOH Olivia Dominique\*<sup>1</sup>, TONESSIA Dolou Charlotte<sup>1</sup>, SOUMAHIN Éric Francis<sup>1</sup>, DOUMBIA Amadou<sup>2</sup>, N'GORAN Koffi Désiré<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University Jean Lorougnon Guédé, Agricultural Production Improvement Laboratory. BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Rubber-growing Society EXAT-Agriculture. BP 2508 Abidjan, Côte d'Ivoire

\*Corresponding author (E-mail : [olviadominiquez@gmail.com](mailto:olviadominiquez@gmail.com) / Cél : +225 07 49 82 28 26)

**Mots clés :** Encoche sèche, hévéa, pratiques agronomiques, rupture pluviométrique.

**Keywords:** Dry notch, rubber tree, agronomic practices, rainfall disruption.

Submitted 03/08/2023, Published online on 31/10/2023 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

## 1 RÉSUMÉ

La présente étude se propose d'évaluer l'impact des pratiques agronomiques des hévéaculteurs sur la sensibilité à la maladie de l'encoche sèche de l'hévéa dans un contexte de changement climatique. Pour ce faire, des collectes de données ont été réalisées dans les plantations agro-industrielles des zones de Zagné (Ouest), San-Pédro (Sud-Ouest) et d'Anguédédou (Sud-Est) d'octobre 2020 à février 2021. Les paramètres évalués ont porté d'une part, sur le dispositif de plantation, le clone cultivé, le couteau de saignée, la durée d'exploitation des arbres et la fréquence de stimulation et d'autre part, sur la pluviométrie des périodes culturales, le tout, en rapport avec les longueurs d'encoches malades (LEM) des hévéas. Les résultats ont montré que deux dispositifs de plantation des arbres, 6 m x 3 m et 7 m x 2,8 m, sont utilisés. Les arbres du dispositif 7 m x 2,8 m ont présenté la plus forte LEM ( $52,95 \pm 19,86 \%$ ). Sur un total de neuf clones recensés dans l'ensemble des plantations, les clones PB 235 ( $55,93 \pm 7,85 \%$ ) et RRIC 100 ( $53,91 \pm 29,72 \%$ ) se sont révélés plus sensibles à l'encoche sèche de l'hévéa. Trois couteaux de saignées ont été recensés dans les plantations. Parmi eux, la « Gouge » a été le couteau de saignée qui a induit une LEM significativement supérieure ( $Pr < 0,05$  ;  $40,74 \pm 18,47 \%$ ) à celle des couteaux « Aunain » ( $29,85 \pm 22,05 \%$ ) et « GIM 777 » ( $32,63 \pm 23,39 \%$ ). En ce qui concerne l'âge des exploitations, la classe d'âge de 11 à 18 ans a été celle où les arbres ont été sensibles à l'encoche sèche. Les fréquences de stimulation de 6 à 15 applications annuelles ont également induit plus d'encoche sèche aux hévéas. L'étude des données pluviométriques des 33 années (de 1987 à 2020) dans les régions étudiées a mis en exergue les quatre saisons pluviométriques classiques de la Côte d'Ivoire malgré une rupture pluviométrique enregistrée à Anguédédou. Les LEM ont, quant à elles, augmenté avec la diminution de la pluviométrie suivant les différentes zones de productions hévéicoles.

## Influence of agronomic practices and rainfall on susceptibility to rubber dry notch disease in three rubber-growing areas of Côte d'Ivoire

### SUMMARY

This study aimed to assess the impact of rubber farmers' agronomic practices on the susceptibility of rubber trees to dry notch sick in the context of climate change. Data was collected in agro-industrial plantations in the Zagné (West), San-Pédro (South-West), and Anguédédou (South-East) zones from October 2020 to February 2021. Parameters evaluated included planting system, grown clone, tapping knife, tree exploitation duration, and stimulation frequency, as well as rainfall during cropping periods, all in relation to the panel sick lengths (PSL) on the rubber trees. The results showed that two tree planting systems, 6 m x 3 m and 7 m x 2.8 m, were used. Trees in the 7 m x 2.8 m layout showed the highest PSL ( $52.95 \pm 19.86$  %). PB 235 ( $55.93 \pm 7.85$  %) and RRIC 100 ( $53.91 \pm 29.72$  %) exhibited the highest susceptibility to rubber tree dry notch of the nine clones surveyed in all plantations. Among the three tapping knives identified in the plantations, the "Gouge" was the most significant inducer of PSL ( $Pr < 0.05$ ;  $40.74 \pm 18.47$  %) than the "Aunain" ( $29.85 \pm 22.05$  %) and "GIM 777" ( $32.63 \pm 23.39$  %) knives. Concerning the tree exploitation age, the 11 to 18-year age class displayed the most susceptible trees to dry notching. While stimulation frequencies of 6 to 15 annual applications induced drier notching in the rubber trees. Despite a break in rainfall recorded at Anguédédou, the study of rainfall data for the 33 years (from 1987 to 2020) in the regions studied highlighted the four classic rainy seasons in Côte d'Ivoire. PSL increased as rainfall decreased in the various rubber-growing zones.

### 2 INTRODUCTION

L'hévéa est un arbre dont les produits font l'objet d'une convoitise intense. Il renferme une grande quantité de caoutchouc naturel utilisé dans les industries pneumatiques, médicales (gants, préservatifs en latex, etc.) et même dans la vie quotidienne des populations (Thaler, 2013). En Côte d'Ivoire, en particulier, l'hévéaculture constitue un secteur dynamique en pleine expansion. En 2021, avec une production de près d'un million de tonnes et une surface cultivée de 700 000 hectares, la Côte d'Ivoire s'est hissée à la 4<sup>ème</sup> place, derrière les géants mondiaux (APROMAC, 2021). D'après Okoma et al. (2009) « pour produire le caoutchouc naturel, l'on pratique la saignée qui consiste à faire une entaille ou encoche au niveau du tronc de l'hévéa. Il s'écoule alors un liquide laitieux appelé latex. Ce latex est traité après sa coagulation pour donner le caoutchouc naturel. Mais, il arrive de constater dans certains cas qu'après l'entaille, une partie ou la totalité de l'encoche ne produise pas de latex : c'est la maladie de l'encoche sèche

de l'hévéa (Omokafe, 2001) ». Chaque année, elle induit des pertes de récoltes de près de 30 % et des manques à gagner évalués à environ six milliards de Francs CFA (Okoma et al, 2011) ». Les dernières investigations ont indiqué qu'il s'agit d'un dysfonctionnement physiologique dont les causes restent cependant inconnues (Okoma, 2008). Sachant que les mauvaises pratiques agricoles des producteurs induisent des stress aux plantes cultivées et dans un contexte où la réalité du changement climatique est associée à l'exacerbation des maladies existences et à l'émergence de nouvelles maladies, il urge de statuer sur la maladie de l'encoche sèche qui sévit dans les plantations hévéicoles de la Côte d'Ivoire. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude dont l'objectif est d'évaluer l'impact des pratiques agronomiques et de la pluviométrie sur la sensibilité à l'encoche sèche de l'hévéa dans les plantations agro-industrielles des zones de Zagné (Ouest), San-Pédro (Sud-Ouest) et d'Anguédédou (Sud-Est).

### 3 MÉTHODOLOGIE

**3.1 Sites de l'étude :** Les différentes enquêtes de cette étude ont été réalisées dans les plantations agro-industrielles des zones Ouest (Zagné), Sud-Ouest (San-Pédro) et Sud-Est (Anguédédou) de la Côte d'Ivoire. Leur choix se justifie par le fait qu'elles sont des zones traditionnelles de culture de l'hévéa. La zone de Zagné est localisée à 6°13'N et 7°29'O. Elle dispose d'une forêt dense et humide, d'un sol forestier humifère et ferrugineux pauvre en humus, d'une pluviométrie moyenne de 1200 mm/an, d'une température moyenne qui varie entre 18 et 36°C, d'une insolation de 1200 à 1500 heures/an et d'une humidité relative de 72 à 90 % (Neobot, 2020). La zone de San-Pédro possède une forêt dense humide sempervirente, un sol ferralitique fortement désaturé et gravillonnaire, une pluviométrie annuelle qui varie entre les 1800 et 2000 mm/an, une température moyenne de 25°C, une insolation de 1700 à 1800 heures/an et une humidité relative de 90 %. La zone a pour coordonnées géographiques 4°45'N et 6°38'O (Brou, 2005). La zone d'Anguédédou est localisée à 5°19'N et 4°09'O. Elle est caractérisée par une forêt défrichée ombrophile, un sol ferralitique fortement désaturé et peu gravillonnaire, une pluviométrie annuelle qui oscille entre les 1800 et 2000 mm/an, une température moyenne de 26°C, une insolation de 2000 à 2100 heures/an et une humidité relative de 90 % (Brou, 2005).

**3.2 Collecte et traitement des différentes données de l'étude :** Les données agronomiques et pluviométriques ont été utilisées pour réaliser cette étude. Sur le terrain, les données agronomiques ont été collectées au moyen d'un questionnaire. Quant aux données pluviométriques, elles ont été collectées auprès de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM).

#### 3.2.1 Collecte des données agronomiques :

Les prospections pour les collectes de données agronomiques se sont réalisées d'Octobre 2020 à Février 2021 ; période qui correspond à la fin de la campagne de production et qui permet de mieux apprécier les symptômes de l'encoche sèche de l'hévéa. Les paramètres agronomiques qui ont servi à évaluer les longueurs d'encoches malades (LEM) ont été le dispositif de plantation, le clone cultivé, le couteau de saignée, la durée d'exploitation des arbres et la fréquence de stimulation. Le dispositif de plantation est la distribution des arbres sur la surface plantée (Ballo, 2019). Le clone est le matériel végétal cultivé. Le couteau de saignée est l'instrument de récolte du latex. La durée d'exploitation est la période de mise en saignée de l'hévéa à compter de la 6<sup>ème</sup> année de culture. Le produit stimulant est la concentration d'énergie exogène (généralement l'hormone éthylène) apportée à l'hévéa pour booster sa production. Sa fréquence est relative au nombre d'application annuelle sur un clone donné. Pour relever les longueurs d'encoches malades (LEM) d'une plantation à une autre, un saigneur a été retenu pour saigner les arbres de la ligne diagonale choisie, en éliminant, les arbres de bordure. Les parts de saignée des différents saigneurs retenus ont comporté en moyenne 500 arbres ; ce qui correspond approximativement à une plantation d'un hectare en milieu paysan. Les prospections journalières ont débuté à 6 h 30 pour s'achever autour de 12 h avec un temps moyen de 30 minutes par saigneurs. La méthode de relevé rapide d'encoche sèche de Van De Sype (1984) a été utilisée. Les arbres observés ont été notés suivant une échelle de 0 à 6 en fonction de l'écoulement du latex après la saignée (Tableau 1). Par la suite, les notes obtenues ont servi à calculer la longueur d'encoche malade (LEM) à l'aide de la formule suivante :

$$\text{LEM} = [(0,1 n_1 + 0,3 n_2 + 0,5 n_3 + 0,7 n_4 + 0,9 n_5 + n_6) / N] \times 100$$

Avec LEM = Longueur d'Encoche Malade ; Coefficients 0,1 ; 0,3 ; 0,5 ; 0,7 ; 0,9 et 1 = moyennes des classes de pourcentage de longueur d'encoche de saignée non productrice de latex ; n1 ; n2 ; n3 ; n4 ; n5 et n6 = nombres d'arbres observés par classe de pourcentage de longueur d'encoche de saignée non productrice de latex ; N = nombre total d'arbres de la plantation (Okoma et al., 2009).

**Tableau 1 :** Échelle de notation des longueurs d'encoche malade (Van De Sype, 1984)

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

Avec LEM = Longueur d'Encoche Malade

**3.2.2 Collecte des données pluviométriques :** Pour mettre en évidence une possible implication de la pluviométrie et de ses variations dans l'avènement de l'encoche sèche de l'hévéa, des données pluviométriques en rapport avec le calendrier cultural et couvrant toute la période de culture des hévéas jusqu'à la période de relevés de cette étude ont été utilisées. En outre, des tests de ruptures pluviométriques ont été entrepris aux moyens du test de Pettit (1979). Ce test non-paramétrique est dérivé de

celui de Mann et Whitney (1947). L'absence d'une rupture dans la série (Xi) de taille N constitue l'hypothèse nulle (Mewassi Aboui et al., 2023). La mise en œuvre du test suppose que pour t compris entre 1 et N, les séries chronologiques (Xi), i = 1 à t et t + 1 à N appartiennent à la même population (Blé et al., 2021). La variable à tester est le maximum de la valeur absolue de la variable Ut, N définie par (Abderrahmane et Abdesselam, 2013) :

$$U_{t, N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

Où  $D_{ij} = \text{sgn}(X_i - X_j)$  avec  $\text{sgn}(X) = 1$  si  $x > 0$ ,  $0$  si  $x = 0$  et  $-1$  si  $x < 0$

**3.3 Analyse statistique :** Le tableur Excel version 2016 a été utilisé pour saisir et traiter l'ensemble des données de cette étude. Les représentations graphiques des données agronomiques ont été faites à l'aide du même tableur. La comparaison de leurs moyennes a été

réalisée avec le test paramétrique ANOVA à un facteur au seuil de 5 % lorsque la distribution a suivi une loi normale. Le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % a été utilisé pour estimer le niveau de signification des différences entre les moyennes obtenues.

## 4 RÉSULTATS

A l'issue des enquêtes réalisées d'octobre 2020 à février 2021, un total de 281 parcelles agro-industrielles d'hévéa ont été visitées. A Zagné et à San-Pédro, les parcelles ont été créées entre 1987 et 2013. A Anguédédou par contre, les hévéas ont été plantés entre 1993 et 2008. De manière générale, toutes les parcelles d'hévéa ont été malades de l'encoche sèche mais, à des échelles différentes suivant des paramètres étudiés.

**4.1 Influence du dispositif de plantation sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Deux dispositifs de plantation ont été répertoriés dans cette étude à savoir les dispositifs 6 m x 3 m et 7 m x 2,8 m. Ces dispositifs correspondent respectivement aux densités de plantation de 555 arbres/ha et de 510 arbres/ha. Les analyses ont révélé que les longueurs d'encoches malades (LEM) ont significativement ( $Pr < 0,05$ ) varié en fonction

du dispositif de plantation. Le dispositif 6 m x 3 m a présenté la plus faible LEM ( $28,81 \pm 17,92$  %) comparativement au dispositif 7 m x 2,8 m ( $52,95 \pm 19,86$  %) (Figure 1).

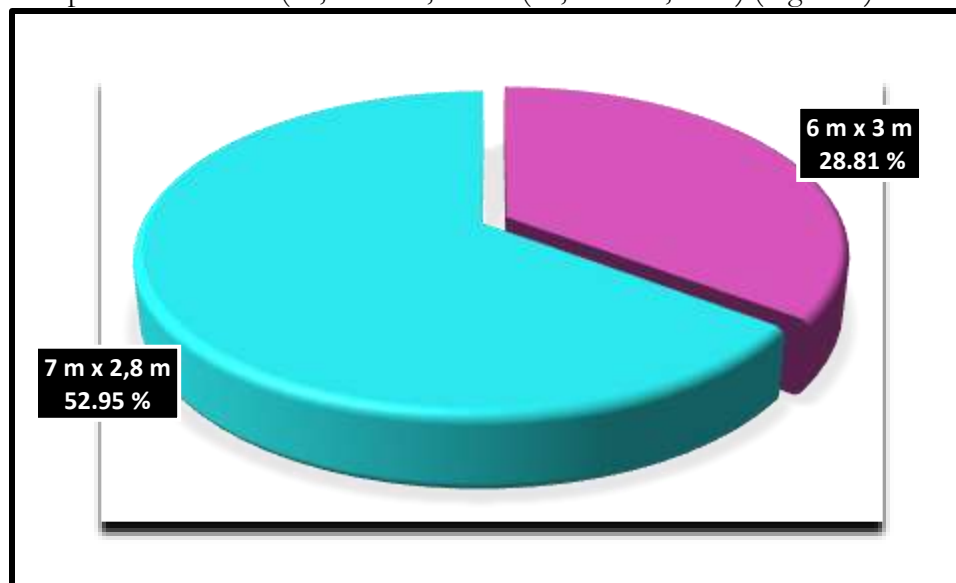


Figure 1 : Longueurs d'encoches malades en fonction du dispositif de plantation

**4.2 Influence du clone sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Un total de neuf clones a été recensé à l'issu des collectes de données dans les 281 parcelles d'hévéa. Il s'agit notamment des clones PB 217, GT1, RRIC 100, IRCA 331, IRCA 41, IRCA 130, IRCA 230, PB 235 et PB 260. Cependant, leur nombre a varié d'une zone de culture à une autre avec un taux moyen d'arbres malades d'encoche sèche de  $34,65 \pm 1,77$  % (Tableau 2). Les clones les plus sensibles ont été le PB 235 et le RRIC 100 avec des

longueurs d'encoches malades (LEM) moyennes respectives de  $55,93 \pm 7,85$  % et de  $53,91 \pm 29,72$  %. Le clone le moins sensible a été le IRCA 331 avec une LEM moyenne de  $18,37 \pm 23,60$  %. Les clones à sensibilité intermédiaire ont été le PB 217 ( $38,27 \pm 20,51$ ), le GT1 ( $25,97 \pm 17,44$ ), le IRCA 41 ( $39,39 \pm 17,80$ ), le IRCA 130 ( $28,45 \pm 30,32$ ), le IRCA 230 ( $40,88 \pm 29,90$ ) et le PB 260 ( $32,85 \pm 16,02$ ) (Tableau 2).

Tableau 2 : Longueurs d'encoches malades en fonction des clones

CLONES	LEM MOYEN (%)
PB 217	$38,27 \pm 20,51ab$
GT1	$25,97 \pm 17,44bc$
RRIC 100	$53,91 \pm 29,72a$
IRCA 331	$18,37 \pm 23,60c$
IRCA 41	$39,39 \pm 17,80ab$
IRCA 130	$28,45 \pm 30,32bc$
IRCA 230	$40,88 \pm 29,90ab$
PB 235	$55,93 \pm 7,85a$
PB 260	$32,85 \pm 16,02bc$
MOYENNE	$34,65 \pm 1,77$
Pr	0,00

*Avec LEM = Longueur d'Encoche Malade ; PB = Prang Besar ; IRCA = Institut de Recherche sur le Caoutchouc ; GT1 = Gondang Tapen 1 ; RRIC = Rubber Research Institute of Ceylan ; Dans chaque colonne, les résultats affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents (test de Newman-Keuls à 5 %).*

**4.3 Influence du couteau de saignée sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Les différents couteaux de saignée répertoriés au cours de cette étude ont été « Aunain », « GIM 777 » et « Gouge » (Figure 2). La particularité de ces couteaux est qu'ils ont des lames aiguisables qui nécessitent un très bon affûtage avant la saignée. A l'exception du couteau « Gouge », qui a été utilisé uniquement en saignée inversée, les deux autres couteaux ont été utilisés à la fois en saignée inversée et en saignée descendante ; ce qui fait état d'un total de 40,60 %, 53,71 %, et

5,69 % de parcelles dont les arbres ont respectivement été saignés avec les couteaux « Gouge », « Aunain » et « GIM 777 ». D'un point de vue statistique, les arbres saignés avec le couteau « Gouge » ont affiché une longueur d'encoche malade significativement supérieure ( $Pr < 0,05$  ;  $40,74 \pm 18,47$  %) à celle des arbres saignés avec les couteaux « Aunain » ( $29,85 \pm 22,05$  %) et « GIM 777 » ( $32,63 \pm 23,39$  %) (Figure 3).



**Figure 2 :** Différents couteaux de saignée recensés au cours de l'étude

*A = Couteau traditionnel « Aunain » ; B = Couteau traditionnel « GIM 777 » ; C = Couteau traditionnel utilisé en saignée inversée « Gouge »*

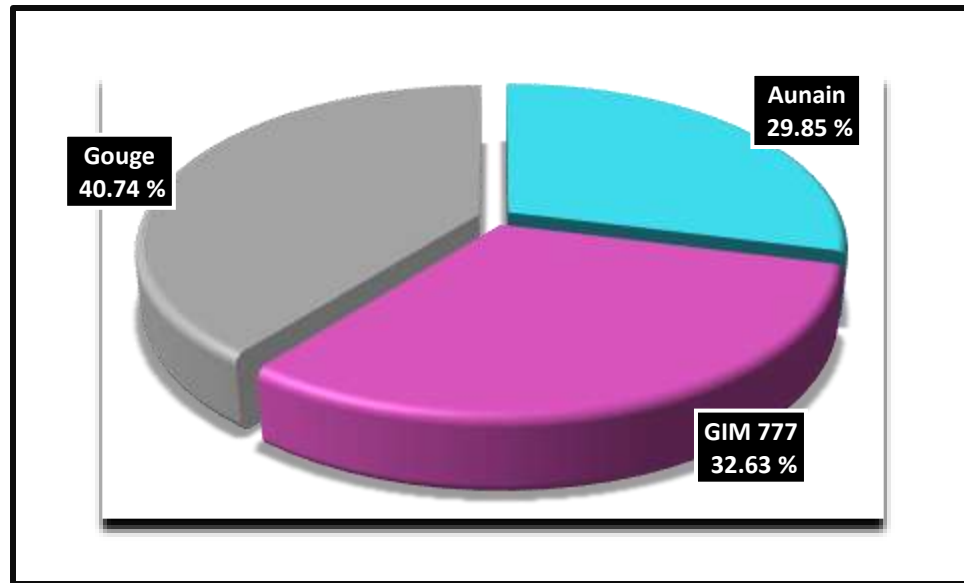
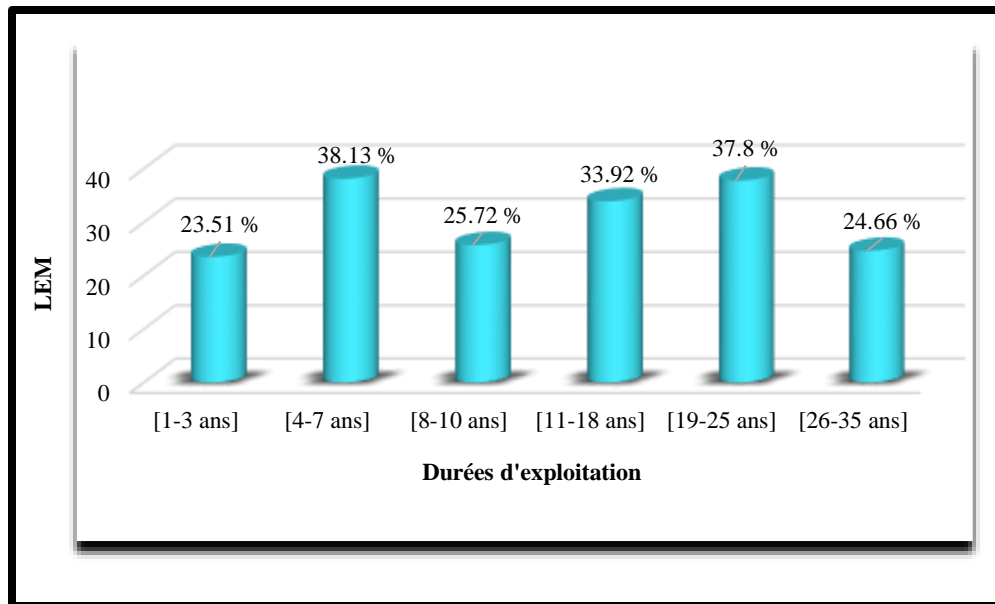


Figure 3 : Longueurs d'encoches malades en fonction des couteaux de saignée

**4.4 Influence de la durée d'exploitation sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Les résultats ont révélé que les durées d'exploitation influencent significativement ( $Pr < 0,05$ ) le taux d'encoche sèche de l'hévéa. En effet, trois classes de durées d'exploitation ont affiché les plus faibles longueurs d'encoche malade à savoir les classes de 1 à 3 ans ( $23,51 \pm 19 \%$ ), 8 à 10 ans

( $25,72 \pm 23,26 \%$ ) et 26 à 35 ans ( $24,66 \pm 26,66 \%$ ) (Figure 4). Par ailleurs, trois autres classes de durées d'exploitation se sont révélées très sensibles à la maladie à savoir les classes de 4 à 7 ans ( $38,13 \pm 22,36 \%$ ), 11 à 18 ans ( $33,92 \pm 17,14 \%$ ) et 19 à 25 ans ( $37,80 \pm 26,49 \%$ ) (Figure 4). De façon générale, à mesure que le temps s'écoule, la sensibilité à l'encoche sèche augmente.

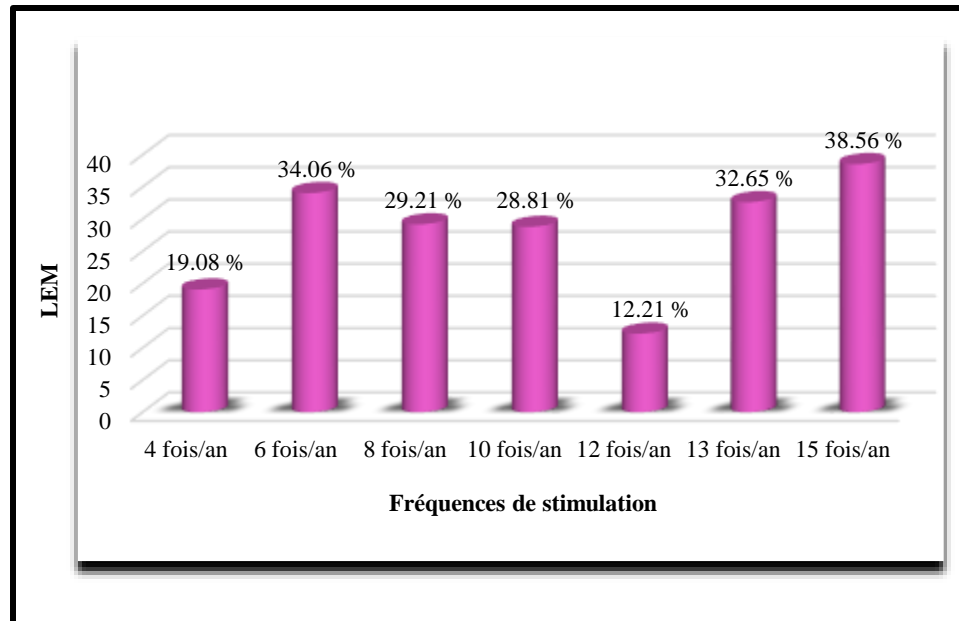


**Figure 4 :** Longueurs d'encoches malades en fonction des durées d'exploitation

**4.5 Influence de la fréquence de stimulation sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Quatre produits stimulants à base d'éthéphon ont été recensés dans cette étude. Il s'agit de l'« Almophon 50 LS DR », utilisé principalement à Zagné, de la combinaison de l'« ELS 50, 5 % double red » et de l'« HEVETEX 5 % PA » utilisés à San-Pédro et du « SPEED 5 % PA » uniquement utilisé à Anguédédou. L'analyse des données a révélé un effet significatif ( $P < 0,05$ ) des fréquences de stimulation sur les longueurs d'encoches sèches. Les taux de maladie les plus faibles ont été

enregistrés avec les fréquences d'applications de 4 fois/an ( $19,08 \pm 19,58$  %) et de 12 fois/an ( $12,21 \pm 16,16$  %). Les taux de maladie les plus élevés ont été recensés avec les fréquences d'application de 6 fois/an ( $34,06 \pm 21,27$  %), 13 fois/an ( $32,65 \pm 19,98$  %) et de 15 fois/an ( $38,56 \pm 27,74$  %). Les taux moyens (ou intermédiaires) de maladie ont quant à eux, été relevés avec les fréquences de stimulation de 8 fois/an ( $29,21 \pm 24,73$  %) et de 10 fois/an ( $28,81 \pm 22,54$  %) (Figure 5). De façon générale, la longueur d'encoche malade est allée grandissante à mesure que la fréquence de stimulation a augmentée et que l'arbre a vieilli.





**Figure 5 :** Longueurs d'encoches malades en fonction des différentes fréquences de stimulation

#### 4.6 Influence de la pluviométrie de 1987 à 2020 sur la sensibilité à l'encoche sèche :

L'analyse des données a révélé que la moyenne pluviométrique mensuelle des 33 années (de 1987 à 2020) pour l'ensemble des sites a été de  $132,74 \pm 102,94$  mm/mois avec 3 mois les plus secs et un mois le plus pluvieux que sont d'une part Décembre ( $52,24 \pm 35,70$  mm/mois), Janvier ( $28,80 \pm 29,19$  mm/mois) et Février ( $54,93 \pm 35,10$  mm/mois) et d'autre part Juin ( $292,05 \pm 124,71$ ) (Tableau 3).

D'un point de vue statistique, les moyennes pluviométriques ont significativement différencié d'un site à un autre. Le site le plus pluvieux de

l'étude a été celui de San-Pédro avec une moyenne annuelle de  $1827,18 \pm 75,89$  mm/an (Tableau 3) et une longueur d'encoche malade (LEM) de  $34,33 \pm 17,86$  %. Le site le plus sec enregistré a été celui d'Anguédédou avec une moyenne annuelle de  $1308,96 \pm 37,84$  mm/an (Tableau 3) et une LEM de  $36,56 \pm 17,12$  % ; c'est d'ailleurs dans ce site qu'une rupture pluviométrique a été enregistrée en 2008 au seuil de 90 % avec 2 sous-séries que sont les séries de 1987 à 2008 ( $1252,74 \pm 43,12$  mm/an) et celles de 2009 à 2020 ( $1412,14 \pm 57,02$  mm/an ; Figure 6).



**Tableau 3** : Évolution pluviométrique de 1987 à 2020 dans les différentes zones de productions hévéicoles et leur influence sur la longueur d'encoche malade des arbres

Mois	Différentes zones de productions			
	ZAGNÉ (mm/mois)	ANGUÉDÉDOU (mm/mois)	SAN-PÉDRO (mm/mois)	Moyenne (mm/mois)
Janvier	18,17 ± 15,44r	24,46 ± 15,33qr	43,78 ± 42,03pqr	28,80 ± 29,19h
Février	46,62 ± 31,84opqr	54,47 ± 28,73nopqr	63,45 ± 42,03mnopqr	54,93 ± 35,10fg
Mars	95,37 ± 36,15klmno	117,19 ± 42,95hijkl	98,1 ± 60,75klmn	103,56 ± 48,28e
Avril	138,31 ± 63,70ghijk	148,43 ± 35,29fghij	133,15 ± 64,80ghijk	139,96 ± 56,08de
Mai	175,84 ± 61,04efg	189,3 ± 33,66ef	252,72 ± 100,64b	205,95 ± 77,66b
Juin	241,34 ± 75,39bc	232,88 ± 57,91bcd	401,92 ± 140,94a	292,05 ± 124,71a
Juillet	162,11 ± 66,25efgh	89,31 ± 40,95klmnop	169,25 ± 99,29efg	140,23 ± 80,75de
Août	198,95 ± 118,55cde	52,25 ± 33,27nopqr	114,84 ± 73,17ijkl	121,94 ± 101,50def
Septembre	239,42 ± 110,26bc	99,69 ± 50,95klmn	179,88 ± 94,93efg	173 ± 105,24d
Octobre	203,7 ± 76,73cde	154,73 ± 57,66efghi	194,02 ± 96,15def	184,15 ± 80,52cd
Novembre	88,37 ± 54,50klmnop	96,91 ± 35,41klmn	105,49 ± 50,12jklm	96,93 ± 47,44ef
Décembre	36,77 ± 26,72qr	49,37 ± 22,02nopqr	70,58 ± 45,82lmnopq	52,24 ± 35,70fg
TOTAL (mm/an)	1644,96 ± 61,38b	1308,96 ± 37,84c	1827,18 ± 75,89a	1592,88 ± 68,51
MOYENNE	137,08 ± 101,28b	109,08 ± 71,70c	151,96 ± 124,37a	132,74 ± 102,94
LEM moyenne (%)	<b>34,33 ± 17,86b</b>	<b>36,56 ± 17,12a</b>	<b>33,07 ± 25,37c</b>	<b>34,65 ± 1,77</b>
Pr	0,00	0,00	0,00	0,00

*Avec LEM = Longueur d'Encoche Malade ; dans chaque colonne, les résultats affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents (test de Newman-Keuls à 5 %)*

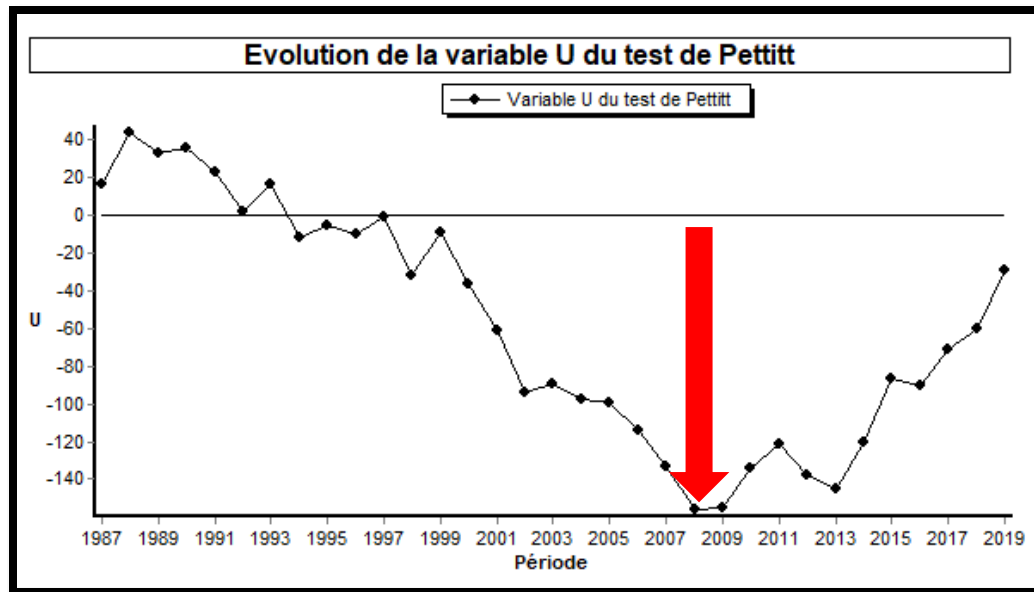


Figure 6 : Rupture pluviométrique par le test de Pettitt à Anguédédou

## 5 DISCUSSION

**5.1 Influence du dispositif de plantation sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Dans les plantations industrielles visitées, la densité des arbres se présente selon deux types de dispositif que sont les dispositifs 7 m x 2,8 m et 6 m x 3 m. Le dispositif de plantation 7 m x 2,8 m a induit une longueur d'encoche malade (LEM) plus élevée ( $52,95 \pm 19,86$  %) que celle du dispositif 6 m x 3 m ( $28,81 \pm 17,92$  %). Cette différence pourrait s'expliquer par les écartements laissés entre les arbres de la surface plantée. En effet, le dispositif de 7 m x 2,8 m offre une grande distance entre les interlignes de rangée (7 m). Par contre sur une même ligne de plantation, les arbres sont beaucoup plus resserrés de 2,8 m (Okoma *et al.*, 2011) ; ce qui favoriserait les compétitions pour l'acquisition des éléments minéraux et pourrait entraîner des désordres physiologiques (Compagnon, 1986). La maladie de l'encoche sèche de l'hévéa étant un stress physiologique (Okoma *et al.*, 2011), la compétition intraspécifique pour les éléments minéraux du sol entre les arbres les aurait prédisposés à manifester cet état de désordre au moment de leur exploitation par la saignée. En plus la

maladie est exacerbée par le vieillissement des plantations. En effet c'est dans les vieilles plantations d'hévéa de type 7 m x 2,8 m de plus de 15 ans d'exploitation que le taux élevé d'encoche a été enregistré. L'âge des cultures a donc pu influencer leur sensibilité à l'encoche sèche de l'hévéa en raison de l'épuisement en éléments minéraux du sol au fil du temps. L'insuffisance de nutriments chez les plantes en général les rends vulnérables à toutes sortes de désordre (Compagnon, 1986). Il est donc recommandé d'utiliser le dispositif standard de 6 m x 3 m qui offre une densité de plantation de 555 arbres/ha (FIRCA, 2013). Forte de cette recommandation, la plupart des plantations agro-industrielles ont adopté ce dispositif dans les plantations d'hévéa nouvellement créées.

**5.2 Influence du clone sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Les 281 parcelles d'hévéa visitées au cours de cette étude sont des parcelles en pleine production constituées essentiellement de clones d'hévéa vulgarisés qu'on retrouve à la fois dans les plantations industrielles et villageoises. Au total, neuf clones ont été recensés. Ces clones ont tous été affectés par l'encoche sèche de l'hévéa mais à des degrés

différents. Ce résultat confirme les observations empiriques des auteurs. En effet, Okoma *et al.* (2009) soutiennent que « l'encoche sèche de l'hévéa se présente comme une variable quantitative c'est-à-dire qu'elle affecte tous les clones mais à des degrés divers. Et même à l'intérieur d'un clone, tous les arbres ne sont pas atteints d'encoche sèche et ceux qui le sont, ne le sont pas au même niveau (Dian, 1993 ; Sivakumaran *et al.*, 1994) ». De plus, plusieurs niveaux de sensibilité à la maladie ont été relevés par nos analyses statistiques. Les clones les plus sensibles ont été le PB 235 et le RRIC 100. Les moins sensibles ont été le IRCA 331 et les clones à sensibilité intermédiaire ont été le PB 217, le GT1, le IRCA 41, le IRCA 130, le IRCA 230 et le PB 260. Cette variation de sensibilité intra clonale est un caractère commun dans l'apparition de l'encoche sèche chez les hévéas (Okoma *et al.*, 2009). D'ailleurs, une étude antérieure faite par le CIRAD (1993) a confirmé que la sensibilité se présente sous forme de gradient allant de clones très peu sensibles à des clones très sensibles avec des clones de sensibilités intermédiaires (Okoma *et al.*, 2009). Cependant, dans notre étude, la sensibilité du RRIC 100, en particulier, a été exacerbée par son exploitation abusive à San-Pédro. En effet, dans cette localité, les clones RRIC 100 ont été saignés en demi-spirale inversée (S/2U) tous les 4 jours alors que leur durée d'exploitation de 24 ans imposait aux sociétés agro-industrielles de les saigner plutôt en demi-spirale descendante sur l'écorce régénérée du panneau B à 1,40 m du sol d'après les recommandations faites par la filière hévéa en Côte d'Ivoire (FIRCA, 2013).

**5.3 Influence du couteau de saignée sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Lors des collectes de données, trois types de couteaux de saignés que sont « Aunain », « GIM 777 » et « Gouge » ont été recensés. De façon générale, ces couteaux sont utilisés pour saigner les écorces dures des hévéas à partir de 4 ans d'exploitation. Mais dans notre cas de figure, les couteaux « Aunain » et « GIM 777 » ont été utilisés par les sociétés agro-industrielles pour saigner les hévéas de tout âge de saignée que ce soit en saignée descendante ou inversée. Seul le

couteau « Gouge » a été exclusivement utilisé en saignée inversée comme le recommande la filière hévéa en Côte d'Ivoire ; et paradoxalement, c'est avec ce couteau que la plus forte longueur d'encoche malade ( $40,74 \pm 18,47\%$ ) a été enregistré chez les hévéas saignés. Ce résultat pourrait s'expliquer par la hauteur du panneau de saignée qui a pu influencer la qualité de saignée des arbres. En effet, dans la saignée inversée qui se pratique généralement à une hauteur de plus de 1,40 m du sol (Gohet *et al.*, 1991), il n'y a pas de « corps à corps » entre le saigneur et l'arbre à cause de la distance qui lui est imposée de rallonger le manche de son couteau avec un bois ou un fer métallique. De plus, cette saignée nécessite plus d'effort physique de la part du saigneur pour raviver les écorces des hévéas du bas vers le haut en vue de recueillir leur latex. Résultat, il s'en suit des blessures accidentelles de saignée plus profondes des tissus laticifères (mauvaises qualités de saignée) qui génèrent à terme des désordres physiologiques dont découlent la maladie de l'encoche sèche de l'hévéa (Thaler, 2013). De plus, Koné (2020), dans son étude sur le clone GT1, a confirmé que les arbres qui ont été blessés au cours de la saignée ont, non seulement eu un taux d'encoche sèche plus élevé mais également une faible production de latex comparés aux arbres exempts de blessures. En outre, « les travaux de Wei *et al.* (2008) sur les différentes hauteurs de saignée (0 à 7 m au-dessus de l'union de greffage) ont montré que le faible indice d'obstruction des vaisseaux laticifères des basses ouvertures fait qu'elles ont une plus importante production de caoutchouc contrairement aux ouvertures plus élevées » (Coulibaly *et al.*, 2014).

**5.4 Influence de la durée d'exploitation sur la sensibilité à l'encoche sèche :** L'étude de l'évolution de la longueur d'encoche malade des hévéas en fonction de leurs durées d'exploitation a montré que le taux d'encoche sèche augmente avec le temps pour tendre vers une asymptote à partir de la 26<sup>ième</sup> année (Okoma *et al.*, 2009). Bien que les hévéas aient une durée d'exploitation comprise entre 1 et 26 ans, l'étude a révélé que les jeunes cultures de 1 à 3 ans ont affiché une longueur d'encoche malade

statistiquement identique à celle des vieilles cultures de 26 à 35 ans. Il se pourrait donc que les hévéas soient naturellement prédisposés à manifester les encoches sèches. Ce résultat est corroboré par celui de Okoma *et al.* (2009) qui stipule qu'« un certain nombre d'arbres sont prédisposés à être atteints de l'encoche sèche et le sont très tôt dans les 2 premières années. Ceci entraîne une augmentation rapide du taux d'encoche sèche pendant cet intervalle de temps. Les autres arbres qui manifestent plus tard ce syndrome, le feraient suite à l'activation progressive du métabolisme liée à la durée d'exploitation comme l'a souligné De Faye (1981) sur le clone GT1. Ce dernier processus semble être plus influencé par la sensibilité particulière du clone que par le vieillissement des arbres ». Par ailleurs, des trois durées d'exploitation qui se sont révélées les plus sensibles à l'encoche sèche de l'hévéa dans notre étude, la durée de 11 à 18 ans a été celle à laquelle la quasi-totalité des clones cultivés a manifesté la maladie. Ce résultat pourrait s'expliquer par les différents changements de panneaux (balancements) et de système de saignée appliqués dans la conduite des panneaux des plantations d'hévéa. En effet, de la 1<sup>ère</sup> à la 9<sup>ème</sup> année, les hévéas sont saignés en descendant avec alternance des panneaux A et B sur écorce vierge. A partir de la 10<sup>ème</sup> année, on bascule en saignée inversée sur le panneau A en quart de spirale pendant 2 années successives. Il s'en suit des alternances de saignées descendantes (sur écorce de 1<sup>ère</sup> régénération) et inversées (sur écorce vierge) jusqu'à la 18<sup>ème</sup> année (FIRCA, 2013). Il se pourrait donc qu'au cours de ces balancements, un épuisement du stock de latex qui se traduirait par des encoches sèches est intervenu sur les panneaux continus en saignée descendante ou sur les panneaux juxtaposés en saignée inversée rendant ainsi plus sensible la durée d'exploitation de 11 à 18 ans.

**5.5 Influence de la fréquence de stimulation sur la sensibilité à l'encoche sèche :** Les résultats ont révélé que de façon générale, le taux de la maladie est allé grandissant à mesure que la fréquence de stimulation a augmentée et que l'arbre a vieilli. Ce résultat pourrait se justifier par le fait que « la fréquence de stimulation intervient comme un processus d'activation du

*métabolisme des clones qui lui-même a un gradient identique à celui de la sensibilité clonale à l'encoche sèche (Coupé et Chrestin, 1989). Cette hypothèse est d'autant plus confortée par le fait que »* (Okoma *et al.*, 2009) dans la présente étude, les clones PB 235 et PB 260 à métabolisme très actif (ou rapide) ont supporté la fréquence de stimulation de 4 applications annuelles avec une faible longueur d'encoche malade de  $19,08 \pm 19,58$  %. Mais à peine basculé à six stimulations hormonales par an, que leurs taux d'encoche sèche ont pratiquement doublé ( $34,06 \pm 21,27$  %). Nos résultats ont confirmé les travaux de Dian *et al.* (1995) « qui ont montré que les clones à métabolisme rapide ne peuvent pas supporter sans conséquences néfastes sur leur comportement ultérieur, une intensification des systèmes de récolte du latex » (Coulily *et al.*, 2014). Se fondant sur ces travaux et en raison du taux élevé d'encoche sèche induit par 6 stimulations annuelles, la fréquence de 4 stimulations par an semble être plus appropriée à cette classe métabolique.

### 5.6 Influence de la pluviométrie de 1987 à 2020 sur la sensibilité à l'encoche sèche

L'analyse de l'évolution pluviométrique de la période de planting des hévéas jusqu'à la période de relevé encoche sèche de cette étude a permis de mettre en évidence les saisons et rupture pluviométrique ainsi que leurs influences sur la maladie étudiée. De manière générale, la répartition pluviométrique sur le calendrier cultural annuel correspond aux quatre saisons pluviométriques classiques de la Côte d'Ivoire (Van de Sype, 1985) mise à part le fait que d'une zone de culture à une autre, des différences significatives ont été observées entre les différentes moyennes pluviométriques. En outre, l'évolution de la longueur d'encoche a montré que la longueur d'encoche malade diminue avec l'augmentation de la pluviométrie. Ces résultats indiquent que la sensibilité des clones d'hévéa au syndrome de l'encoche sèche est sous l'influence de la pluviométrie. Cette influence se traduit, au cours de l'année, par une faible expression de l'encoche sèche pendant les périodes de fortes pluviométries ( $1827,18 \pm 75,89$  mm/an) et par une expression plus

prononcée durant les périodes de faibles pluviométries ( $1308,96 \pm 37,84$  mm/an). Nos résultats concordent avec ceux de Okoma (2008) qui stipule que la sensibilité des clones à l'encoche sèche est sous l'influence des facteurs climatiques et qu'il existe en plus, une variation saisonnière de l'expression de l'encoche sèche qui est très faible pendant la grande saison des pluies et très élevée pendant la grande saison sèche. Par ailleurs, une rupture pluviométrique au seuil de 90 % (test de Pettit) a été observée à Anguédédou au titre de l'année 2008. Or les plantations d'hévéa de cette zone ont toutes été créées dans l'intervalle de 1993 à 2008. Rappelons

## 6 CONCLUSION

L'étude de l'influence des pratiques agronomiques et de la pluviométrie sur la sensibilité à l'encoche sèche de l'hévéa a permis de mettre en évidence les effets significatifs de ces deux facteurs sur les longueurs d'encoches malades des hévéas dans les plantations industrielles de Zagné, San-Pédro et d'Anguédédou. Pour l'ensemble des pratiques agronomiques recensées, les plus fortes longueurs d'encoches malades (LEM) ont été enregistrées avec les dispositifs de plantation 7 m x 2,8 m, chez les clones PB 235 et RRIC 100. De même, le couteau de saignée « Gouge », l'âge d'exploitation des hévéas compris entre 11 et 18 ans et les fréquences de stimulation de 6 à 15 applications annuelles ont fortement augmenté les LEM. Cependant, les meilleurs compromis ont été trouvés avec les dispositifs de plantation 6 m x 3 m offrant les bonnes distances entre les interlignes de rangée et les lignes de plantation.

## 7 REMERCIEMENTS

Nous remercions le FIRCA / FCIAD qui a financé ces travaux pour le compte du projet « Amélioration de la qualité de saignée en hévéaculture par l'utilisation d'un couteau de saignée innovant » contrat N° 1968 FIRCA/UJLoG/FADCI-FCIAD/2019-AV01.

que les moyennes pluviométriques des différentes sous-séries encadrant la rupture à savoir  $1252,74 \pm 43,12$  mm/an et  $1412,14 \pm 57,02$  n'ont jamais atteint la barre des 1500 mm de pluie annuelle recommandés par Obouayéba (2005) pour une hévéaculture optimale en Côte d'Ivoire et que c'est la zone d'Anguédédou qui a été plus sensible à l'encoche sèche dans cette étude. Il semblerait donc que la rupture pluviométrique ait induit un possible un stress hydrique inné chez les hévéas nouvellement plantés qui se serait manifesté plus tard par des encoches sèches (dysfonctionnements physiologiques) au moment de la saignée.

Les arbres des clones IRCA 331 se sont également démarqués par leur tolérance à l'encoche sèche de l'hévéa et les couteaux de saignée « Aunain » et « GIM 777 » ont affiché les plus faibles taux de LEM. S'agissant de l'évolution pluviométrique, l'étude a révélé que sa répartition sur 33 années dans les zones d'étude correspond aux quatre saisons pluviométriques classiques de la Côte d'Ivoire mise à part le fait que d'une zone de production à une autre, des différences significatives ont été observées entre les différentes moyennes pluviométriques. Une rupture pluviométrique a été détectée dans la zone d'Anguédédou en 2008 et c'est d'ailleurs cette zone qui s'est révélée la plus sensible à l'encoche sèche dans cette étude. De façon générale, les longueurs d'encoches malades des hévéas sont allées grandissantes à mesure que la pluviométrie a diminué.

Nous remercions également les sociétés agro-industrielles EXAT-Agriculture, SCASO, TRCI et CHC des zones hévéicoles de San-Pédro, Anguédédou et Zagné pour leur bonne collaboration dans la conduite de ces travaux de recherche sur leurs différents sites.

## 8 RÉFÉRENCES

- APROMAC : 2021. Atelier sur les problèmes de la filière hévéa en Côte d'Ivoire. [www.apromac.ci](http://www.apromac.ci). Consulté le 21 Juillet 2021.
- Abderrahmane N. G. et Abdesselam M. : 2013. Ampleur de la sécheresse dans le bassin d'alimentation du barrage Meffrouche (Nord-Ouest de l'Algérie). *Physio-Géo*, volume 7 : 2013, p. 35-49, <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3173>.
- Ballo E.K. : 2019. Effet de différentes techniques culturales sur les paramètres agro-physiologiques et sanitaires de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. arg) au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 146p.
- Blé L.O., Koffi F.K., Degny G.S. et Soro T.D : 2021. Variabilité climatique et ressources en eaux de la région des grands ponts (Sud de la Côte d'Ivoire). *Rev. Sci. Technol.*, Synthèse Vol 27, numéro 1 : 49-60 (2021).
- Brou Y.T : 2005. 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, 213 p.
- CIRAD : 1993. Recueil de fiches de clones HEVEA. Abidjan, Côte d'Ivoire : CIRAD-CP. 170 pp.
- Compagnon P : 1986. Le caoutchouc naturel. Coste R. ed., G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, 595 p.
- Coulibaly F.L., Soumahin F.E., Kone C.H.K., Traore S.M., Obouayéba S. et Aké S. : 2014. Systèmes de récolte du latex adaptés à la saignée descendante du clone PB 235 d'*Hevea brasiliensis* Muell. arg. au sud-est de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 26 (1) :57 - 67 (2014).
- Coupé M. et Chrestin H : 1989. The hormonal stimulation of latex yield : Physico-chemical and biochemical mechanisms of hormonal (ethylene) stimulation. In : d'Auzac, J., Jacob J.L., & Chrestin H., Eds. *Physiology of rubber Tree Latex*. Boca Raton (Floride) : CRC Press Inc. pp. 295 – 319.
- De Faye : 1981. Histologie comparée des écorces saines et pathologiques (maladie des encoches sèches) de l'*Hevea brasiliensis*. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, USTL, Montpellier II, 75 p.
- Dian K : 1993. Bases moléculaires du syndrome de l'encoche sèche chez *Hevea brasiliensis* Mull Arg : Compréhension des phénomènes moléculaires à l'origine de la « maladie », Recherche de marqueurs de résistance par électrophorèse des protéines totales. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Faculté des Sciences et Techniques, Abidjan, Côte d'Ivoire. 152 p.
- Dian K., Sangaré A. et Diopoh K.J : 1995. Evidence for specific variation of protein pattern during tapping panel dryness condition development in *Hevea brasiliensis*. *Plant Science*, 105 : 207 – 216.
- FIRCA : 2013. Gestion des plantations matures d'hévéa. FIRCA/APROMAC-Guide du conseiller agricole hévéa Tome 3, document interne, 56 p.
- Gohet E., Lacrotte R., Obouayéba S. et Commere J : 1991. Tapping systems recommended in West Africa West Africa. *Proc. Rubb. Growers' Conf. Rubb. Res. Inst. Malaysia*; ed., Kuala Lumpur, Malaysia, 235-254 p.

- Koné C.B : 2020. Influence des blessures de saignée sur la croissance, la production et la sensibilité à l'encoche sèche de l'hévéa. Mémoire de Master, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Côte d'Ivoire, 59 p.
- Mann H.B. et Whitney D.R: 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of mathematical statistics*, 18, 50-60 p.
- Mewassi Aboui E.M.S., Ebodé V.B. & Dzana J.G. (2023). Variabilité des Écoulements dans un Bassin Versant Forestier en Voie d'Urbanisation Accélérée : Le Cas de la Mefou (Sud Cameroun). *European Scientific Journal, ESJ*, 19 (17), 34. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19.n17p34>
- Neobot : 2020. Géolocalisation de Zagné. La carte topographique de Côte d'Ivoire, 4 p.
- Obouayéba S : 2005. Contribution à la détermination de la maturité physiologique de l'écorce pour la mise en saignée d'*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae) : Norme d'ouverture. Thèse Université de Cocody, UFR Biosciences, Côte d'Ivoire, 225 p.
- Okoma K.M : 2008. Étude de la sensibilité au syndrome de l'encoche sèche chez *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae). Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 160p.
- Okoma K.M., Dian K., Allou D. et Sangaré A : 2009. Etude de la sensibilité des clones d'*Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) à l'encoche sèche. *Sciences & Nature* Vol.6 N°1 : 17 - 26 (2009).
- Okoma M., Dian K., Obouayéba S., Elabo A., Gnage M., Koffi E., Soumahin F., Doumbia S. et Kéli J : 2011. Bien diagnostiquer l'encoche sèche chez l'hévéa en Côte d'Ivoire. Fiche technique N°2, 2 p.
- Omokafe K.O: 2001. Preliminary investigation into tree dryness in *Hevea brasiliensis* by path analysis of tree dryness and latex parameters. *Tropicultura* 19: 1-4 p.
- Pettit A. N: 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, vol. 28, n°2, 126-135 p.
- Sivakumaran S., Leong S.K., Ghouse M., Ng A.P. et Sivanadyan K : 1994. Influence of some agronomic practices on tapping panel dryness in *Hevea* trees. *IRRDB Workshop on Tree Dryness* : pp. 94 – 110.
- Thaler P : 2013. Saigner sans tuer, ou la récolte durable du caoutchouc. *Quatre-temps. Hiver 2013* : 25-28p.
- Van De Sype H : 1984. The dry eut syndroms of *Hevea brasiliensis*, evolution, agronomical and physiological aspects. *C. R. Coll. Physiol. Amél. Hévéa.*, Ed., IRCA-CIRAD, Montpellier, France : 249-271 p.
- Van De Sype H : 1985. Variation saisonnière des paramètres physiologiques du latex chez le GT 1 (*Hevea brasiliensis*). *Caoutch. Plast.*, 655 : 91 – 95.
- Wei X., Xiao X., Luo S., Liu S. and Wu. M : 2008. Upward tapping in china. *Latex harvesting technologies*. Rubber Research Institute, Chinese academy of Tropical Science. Academy Hevea Malaysia, Malaysian Rubber Board, Sungai Buloh, Selangor. 10 pp.