

## **Incidence des fluctuations climatiques sur la production de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) dans la zone côtière du Cameroun**

**Pamphile Nguema NDOUTOUMOU<sup>1\*</sup>, Paul ONDO OVONO<sup>1</sup>, Alain Serges ONDO AZI<sup>1</sup>, Armel Mouketou MOUKETOU<sup>1</sup>, Emile Verlain ONDO OMEME<sup>1</sup> et Fidèle NKODO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Université des Sciences et Techniques de Masuku, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies, BP 941 Franceville, Gabon*

<sup>2</sup> *Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, BP 222 Dschang, Cameroun*

---

\* Correspondance, courriel : [pamphilen@hotmail.com](mailto:pamphilen@hotmail.com)

### **Résumé**

Cette étude vise à montrer que les fluctuations interannuelles du climat ont une incidence directe sur la production hévéicole dans la zone côtière du Cameroun. Elle se propose ainsi de générer des modèles mathématiques prévisionnels de production de caoutchouc naturel d'une année à l'autre, en fonction du climat. Les données de production de caoutchouc et des paramètres climatiques nécessaires à l'étude ont été collectées sur deux sites d'exploitation de l'hévéa. Les analyses révèlent que les rendements varient modérément. Tous les paramètres climatiques pris individuellement ou combinés varient faiblement et influencent différemment la production des clones concernés. Si l'insolation et l'humidité relative ont globalement une influence positive sur la production, la température et la pluviométrie induisent plutôt un effet négatif. Pour le site d'HEVECAM, cinq modèles illustrant la relation entre les rendements des clones et quelques paramètres climatiques se sont montrés acceptables. Ces modèles expliquent 79 à 90 % des variations de rendements de clones. Pour le site de la SAFACAM, aucun modèle n'a été significatif, au regard des seuils de signification qui restent toujours supérieurs à 5 %. En somme, ces modèles prédisent à des degrés divers les rendements de certains clones d'hévéa sur la zone côtière du Cameroun. Cependant, ils restent imparfaits et ne correspondent pas à un bon modèle de prédiction des récoltes. Les investigations futures devront être menées à l'aide de données climatiques et de production complètes et fiables sur une durée excédant trois décades.

**Mots-clés :** *Hevea brasiliensis*, paramètres climatiques, production, modélisation, clones.

### **Abstract**

**Incidence of the climatic fluctuations on the production of the natural rubber (*Hevea brasiliensis* L.) in the coastal zone of Cameroon**

This study aims at showing the interannual seasonal fluctuations of the climate that have a direct impact on the natural rubber production in the coastal area of Cameroun. Thus, it proposes to generate estimated mathematical models of production of natural rubber from one year to another, according to the climate. The rubber production data and the climate parameters needed to the study were collected on two exploitation sites of the natural rubber. The analysis reveals that the yields vary moderately.

All the climate parameters taken individually or combined vary slightly and influence differently the production of the clones concerned. If the insolation and the relative humidity have overall a positive influence on the production, the temperature and rainfall induce rather a negative effect. For the site of HEVECAM, five models illustrating the relationship between the yields of the clones and some climate parameters were acceptable. These models explain 79 to 90 % of the variations of the clones yield. For the site of the SAFACAM, no model was significant, taking into consideration threshold of significance which remains always higher than 5 %. Finally, these models predict at different degrees the clones yield on the coastal area of Cameroun. However, they remain imperfect and do not correspond to an ideal model of harvests prediction. The future investigations will have to be carried out using complete and reliable climatic and production data over a period of three decades.

**Keywords :** *Hevea brasiliensis*, climate parameters, production, modeling, clones.

## 1. Introduction

L'hévéa (*Hevea brasiliensis* L.) est une plante tropicale exploitée pour son latex qui fournit l'une des principales matières premières de l'industrie pneumatique à travers le monde [1]. En effet, le caoutchouc naturel est une denrée stratégique au plan mondial. De nos jours, 75 % de la production mondiale est destiné à l'industrie pneumatique [2]. Secondairement, l'hévéa présente des atouts pour la production d'huile et l'alimentation animale [2]. La production mondiale de caoutchouc naturel est assurée principalement par la Thaïlande, l'Indonésie et la Malaisie, selon Nepstad et al. [3]. Le Cameroun est troisième producteur africain de caoutchouc naturel [2, 4], avec des rendements moyens de 1000 kg de caoutchouc sec par hectare. Les maxima de 1800 kg/ha ont été enregistrés en 2007 sur le site de Dizangué. De 1970 à 2001, la production camerounaise s'est accrue au rythme de l'évolution des superficies exploitées [4, 5]. Cependant, la stabilisation de cette production dans le temps reste une difficulté majeure pour les agro-industries hévéicoles camerounaises (HEVECAM, SAFACAM et CDC). En effet, leurs productions se caractérisent par des fluctuations d'une année à l'autre. L'origine de ces variations reste mal connue. Les facultés d'adaptation des plantes aux variations climatiques sont exploitées de longue date par les agriculteurs. Mais face aux aléas et aux événements extrêmes plus fréquents, des approches nouvelles sont envisagées [6].

Selon Penot [7], quatre contraintes écologiques sont majeures pour l'exploitation de l'hévéa : des périodes sèches marquées, des sols peu profonds, des fortes fréquences de pluies matinales et le froid lié à l'altitude ou à la latitude. En l'absence de ces contraintes, les différences de niveaux de production de l'hévéa seront plus dépendantes du type de matériel végétal, de la régularité des pluies, de la fertilité des sols, de la qualité de la croissance en période immature et des modes d'exploitation des arbres [8]. Par ailleurs, [9] présentent le climat comme étant un facteur limitant de premier ordre dans les régions forestières [10]. De manière générale, les facteurs édaphiques et ceux liés à la gestion des exploitations (itinéraire technique) sont plus ou moins maîtrisés dans les plantations industrielles. En effet, les carences du sol, si elles sont constatées, sont corrigées par la fertilisation et les systèmes d'exploitation sont conçus de telle sorte qu'ils assurent une production optimale [11]. La variation interannuelle des facteurs climatiques serait donc à l'origine des fluctuations de la production. L'intérêt de la présente étude réside à la fois dans une meilleure connaissance de l'impact des variations climatiques interannuelles sur la production de l'hévéa et dans la possibilité de mise au point d'un outil de gestion supplémentaire à l'attention des responsables des entreprises hévéicoles dans le but de prévoir des productions théoriques dès lors que l'on dispose des données climatiques. La réalisation de ces objectifs va s'appuyer sur des investigations concernant la zone côtière du Cameroun où sont implantées les agro-industries hévéicoles.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Matériel

Les données exploitées dans cette étude proviennent de 2 types de matériel : le matériel végétal (clones d'hévéas) pour la production et le matériel météorologique pour les données climatiques. L'accès à la documentation archivée a été aussi d'un grand apport pour la collecte des données météorologiques et de production de 1992 à 1996 à HEVECAM et de 1992 à 1999 à SAFACAM. Le matériel végétal étudié est composé des clones GT1, PR107, PB86 et RRIM600, dont les arbres sont âgés de plus de 10 ans.

### 2-2. Méthodes

#### 2-2-1. Collecte des données

La compilation des données a été faite sur la période la plus longue possible pour les deux sites. La collecte des données de production s'est faite en fonction des clones, des blocs de champs et des parcelles à partir des archives. Les productions brutes ont été ramenées aux rendements à l'hectare (tonne/hectare de caoutchouc sec). Les données climatiques sont disponibles dans un registre à HEVECAM alors qu'à SAFACAM, elles sont consignées sur un support numérique. Les différentes variables climatiques sont définies comme suit :

- Pour les températures (T) et l'humidité relative (HR), les données concernent les valeurs maximales ( $T_{\max}$  et  $HR_{\max}$ ), moyennes ( $T_{\text{moy}}$  et  $HR_{\text{moy}}$ ) et minimales ( $T_{\min}$  et  $HR_{\min}$ ).
- Pour la pluviométrie (P) et l'insolation (INS), les données portent respectivement sur la quantité d'eau en mm ( $P_{\text{mm}}$ ) et répartition en jours ( $P_j$ ), d'une part, et la durée de l'insolation en heure ( $INS_h$ ) et sa répartition journalière ( $INS_j$ ), d'autre part.

Les données climatiques collectées portent sur des périodes de 5 ans à HEVECAM et 8 ans à SAFACAM. Sur le site d'HEVECAM, les données de production concernent les clones GT1, PR107, RRIM600 et PB86. Alors que sur le site de SAFACAM les données de production traitent des clones GT1, PR107 et RRIM600.

#### 2-2-2. Analyse des données

L'analyse des données à l'aide du logiciel SPSS versions 12 et 17 s'est faite à 2 niveaux : (i) une analyse de corrélation partielle entre les paramètres climatiques et les données de production afin d'identifier les variables indépendantes influençant la production et (ii) une étude de régression et de corrélations pour établir le niveau d'implication des variables indépendantes sur les variables dépendantes. Dans un premier temps, des relations de régression linéaire simples ont été établies entre la variable dépendante Y (t/ha/an) et les variables indépendantes (paramètres climatiques) prises individuellement. Des relations de régression linéaire multiple ont été établies entre la variable dépendante et les variables indépendantes prises 2 à 2 ou 3 à 3 dans un second temps.

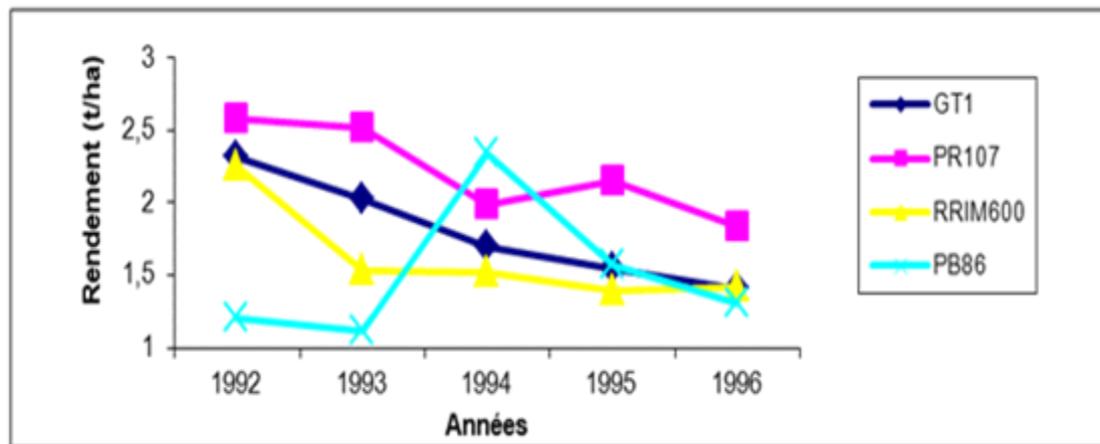
#### 2-2-3. Essai de modélisation

La modélisation des rendements s'est faite en deux étapes. La première étape a consisté à rechercher les variables significatives, c'est-à-dire les variables indépendantes ayant un coefficient de corrélation statistiquement significatif avec le rendement moyen du clone considéré. Dès lors que ces variables sont identifiées, la seconde étape a consisté à caractériser les différents modèles. Les coefficients de corrélation ainsi que les modèles sont significatifs au seuil maximal de 5 %.

### 3. Résultats et discussion

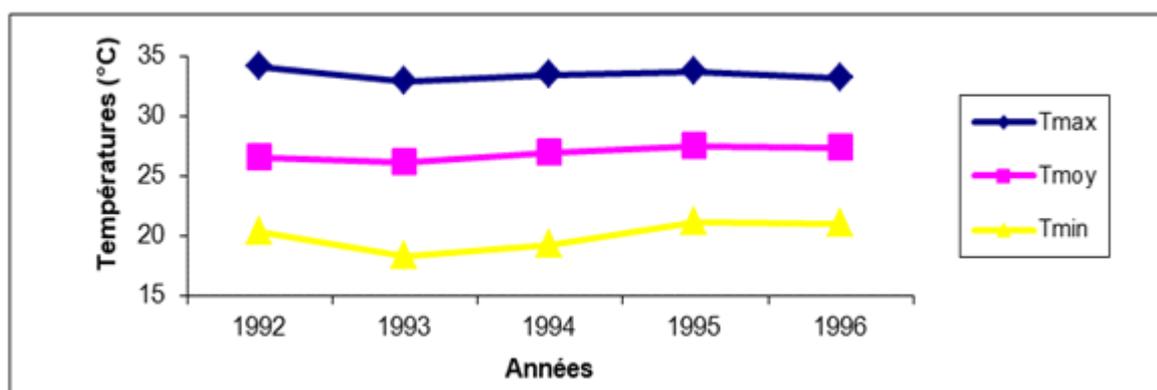
#### 3-1. Site d'HEVECAM

La **Figure 1** présente l'évolution des rendements annuels des clones à HEVECAM de 1992 à 1996.



**Figure 1** : Evolution des rendements annuels de 4 clones d'hévéa sur le site d'HEVECAM de 1992 à 1996

Les clones GT1, PR107 et RRM600, ont des rendements décroissants dans l'ensemble. Après une légère baisse entre 1992 et 1993, les rendements du clone PB86 augmentent jusqu'à atteindre un pic en 1994, puis chutent jusqu'en 1996. Les rendements moyens se situent entre 1,12 t/ha et 2,58 t/ha. Le clone PR107 présente les rendements les plus élevés. Les **Figures 2, 3, 4 et 5** présentent l'évolution annuelle des paramètres climatiques (températures, hygrométrie, pluviométrie et insolation) sur le site d'HEVECAM, de 1992 à 1996.



**Figure 2** : Evolution de la température sur le site d'HEVECAM de 1992 à 1996

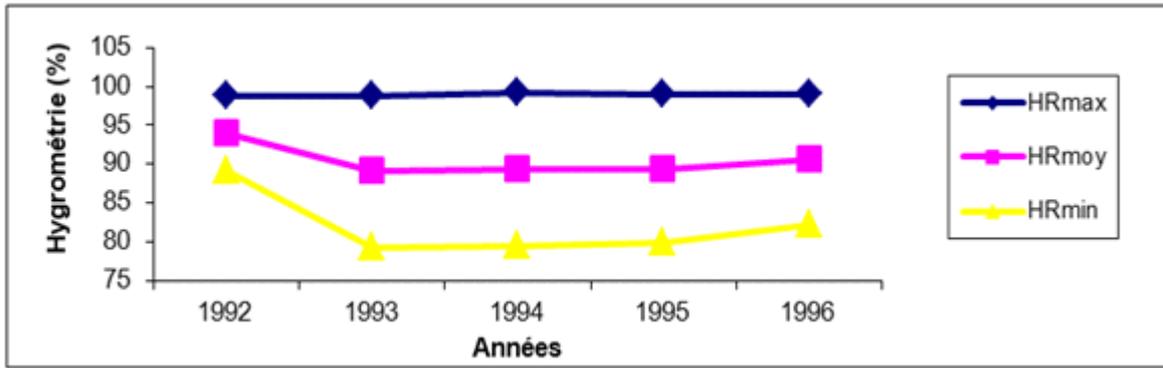


Figure 3 : Evolution de l'hygrométrie sur le site d'HEVECAM de 1992 à 1996

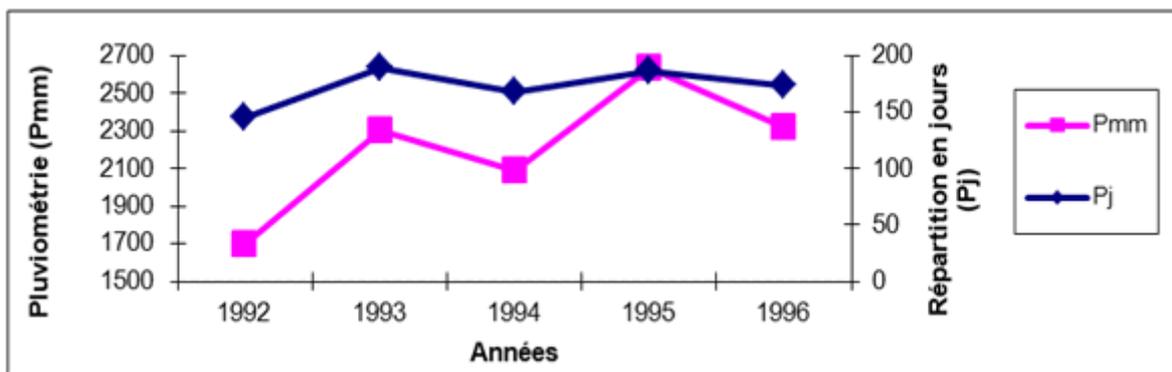


Figure 4 : Evolution de la pluviométrie sur le site d'HEVECAM de 1992 à 1996

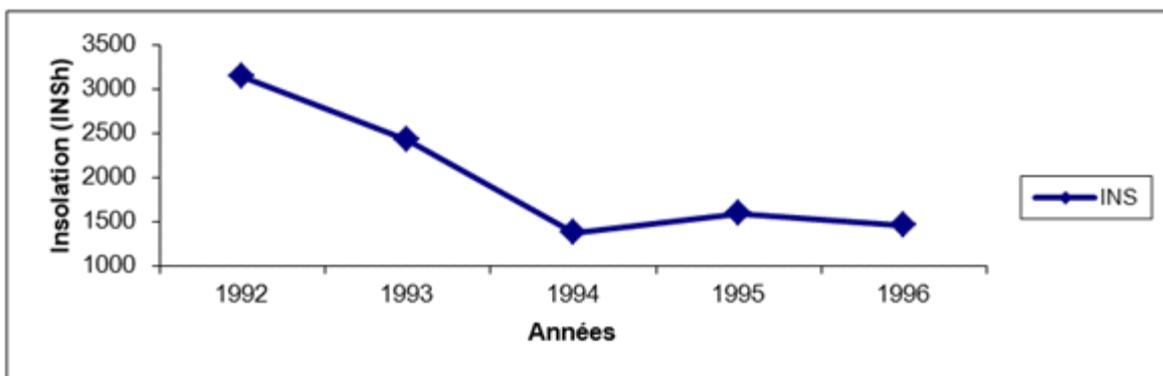
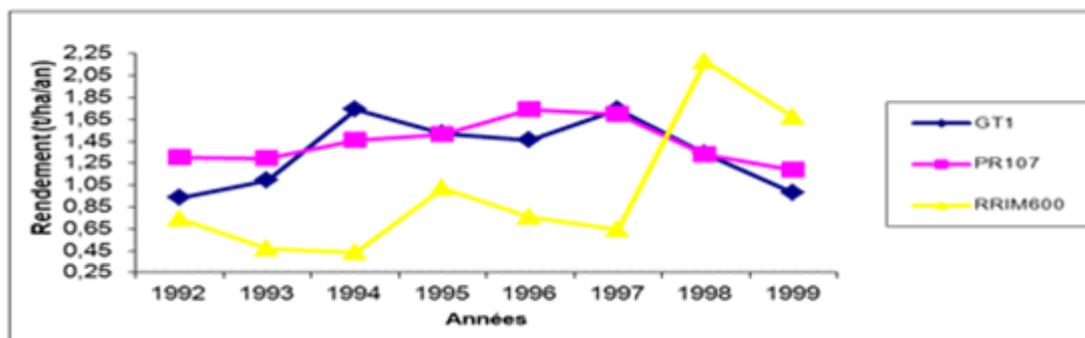


Figure 5 : Evolution de l'insolation sur le site d'HEVECAM de 1992 à 1996

Les températures ( $T_{max}$ ,  $T_{moy}$  et  $T_{min}$ ) sont quasi stables dans le temps. Les valeurs hygrométriques ont tendance à progresser dans l'ensemble. La pluviométrie ( $P_{mm}$ ) est très fluctuante et perceptible d'une année à l'autre. Par contre, la répartition des pluies en jours ( $P_j$ ) varie faiblement au fil des années. Enfin, il est observé une forte diminution de l'insolation, entre 1992 et 1994. Alors qu'entre 1994 et 1996, les valeurs de l'insolation sont constantes, et n'excèdent pas 1594 heures.

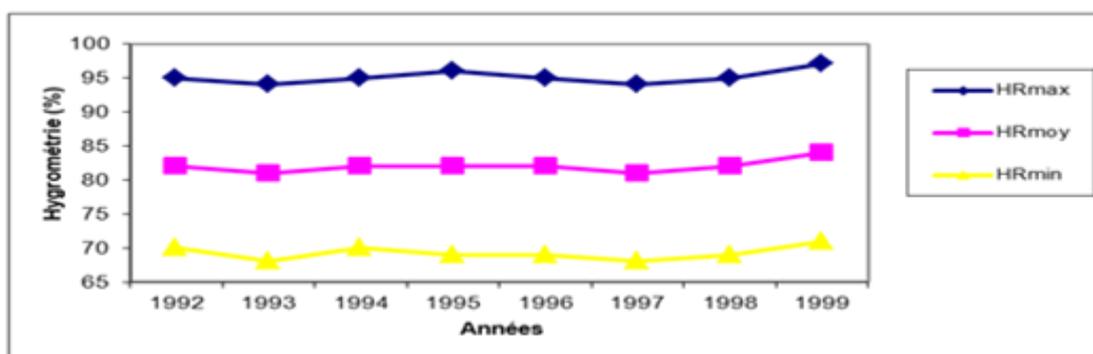
### 3-2. Site de SAFACAM

La **Figure 6** présente l'évolution des rendements annuels des clones à SAFACAM de 1992 à 1999.

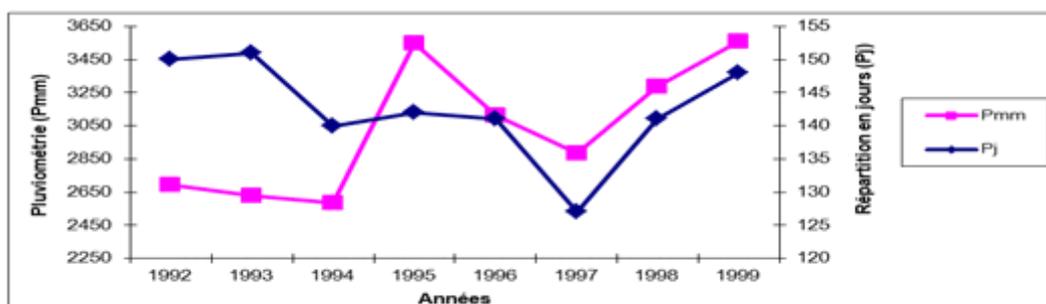


**Figure 6 :** Evolution des rendements annuels de 3 clones sur le site de la SAFACAM de 1992 à 1999

Les rendements des 3 clones connaissent des fluctuations interannuelles. Ils se situent globalement entre 0,43 t/ha et 2,18 t/ha. Les clones PR107 et GT1 présentent les rendements les plus élevés par rapport au clone RRIM600. Les **Figures 7, 8 et 9** présentent l'évolution annuelle des paramètres climatiques sur le site de SAFACAM de 1992 à 1999.



**Figure 7 :** Evolution de l'hygrométrie sur le site de SAFACAM de 1992 à 1999



**Figure 8 :** Evolution de la pluviométrie sur le site de SAFACAM de 1992 à 1999

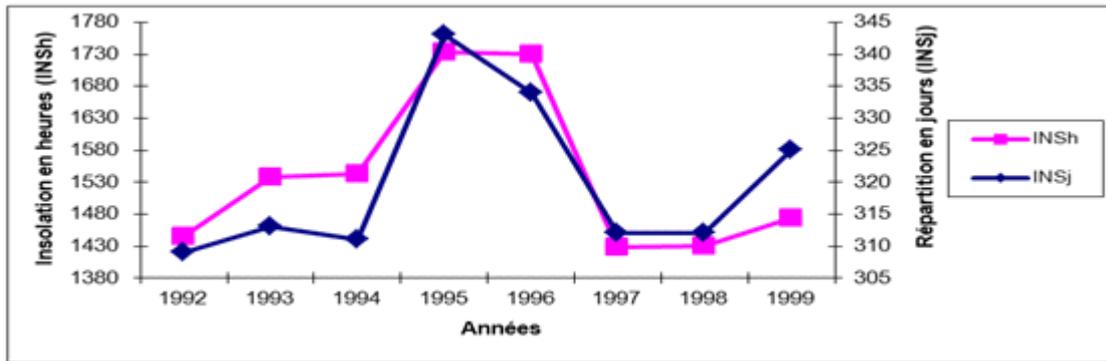


Figure 9 : Evolution de l'insolation sur le site de SAFACAM de 1992 à 1999

L'hygrométrie est constante. Les valeurs de  $HR_{max}$ ,  $HR_{moy}$  et  $HR_{min}$  se situent respectivement autour de 95 %, 82 % et 69 %. La pluviométrie présente une évolution marquée par de fortes variations interannuelles. En effet, on note une phase de légère baisse de la pluviométrie au cours des trois premières années. Puis, une augmentation brusque du niveau des précipitations en 1995. Enfin, les années 1997, 1998 et 1999 sont marquées par une évolution croissante de ce paramètre climatique. Concernant le nombre de jours de pluies, deux phases sont distinctes lors de l'étude. Une première phase présente une tendance décroissante de 1992 à 1997 et une seconde partie est marquée par une augmentation du nombre de jours de pluies dès 1998. La durée d'insolation et sa répartition en jours expriment une évolution fluctuante dans le temps. Leurs valeurs maximales sont atteintes entre 1995 et 1996.

### 3-3. Analyse statistique des résultats

#### 3-3-1. Comparaison des rendements en fonction des clones et des sites

Le **Tableau 1** récapitule l'analyse de la variance effectuée dans l'optique de détecter des différences significatives de rendements entre les clones d'une part et entre les différents sites, d'autre part.

Tableau 1 : Analyse de la variance des rendements entre les clones et les sites

		Sources d'erreur	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Rendement*clone	Inter-groupes	Combiné	2,270	3	0,757	3,873	0,013
	Intra-classe		13,477	69	0,195		
	Total		15,747	72	0,952		
Rendement*site	Inter-groupes	Combiné	3,019	2	1,510	8,303	0,001
	Intra-classe		12,728	70	0,182		
	Total		15,747	72	1,692		

Les rendements varient significativement en fonction des clones ( $F = 3,873$  avec  $P = 0,013$ ) d'une part, et des sites ( $F = 8,303$  avec  $P = 0,001$ ) d'autre part, au seuil de 5 %.

## 3-3-1-1. Essai de modélisation

Pour le site d'HEVECAM, l'analyse des coefficients de variation (CV) montre que les données de production et du climat varient d'une année à l'autre. Selon [12], les CV compris entre 0 et 15 % sont très faibles alors qu'ils sont modérés lorsqu'ils sont supérieurs à 15 %. En ce qui concerne les données de production, les variations interannuelles sont modérées dans l'ensemble. En effet les clones GT1, RRIM600 et PB86 ont respectivement des CV de 18 %, 20 % et 29 %. Les variations interannuelles de rendements du clone PR107 sont très faibles (CV = 13 %). Concernant les données climatiques, outre l'insolation qui varie modérément (CV = 34 %), tous les autres paramètres ont de très faibles variations interannuelles. En effet leurs coefficients de variation sont toujours inférieurs à 15 %. A la suite de l'analyse des coefficients de variation, on a établi les coefficients de corrélation partielle des différents paramètres climatiques avec les rendements des 4 clones susmentionnés. Grâce à leurs seuils de signification respectifs, les variables des différents paramètres climatiques ont pu ou non être utilisées pour établir des modèles. Pour les clones GT1 et PR107, la modélisation est possible avec les variables  $T_{\text{moy}}$  et  $INS_h$  qui ont respectivement des seuils de signification de 0,038 et 0,007 pour le GT1 et 0,050 et 0,013 pour le PR107. Pour le clone RRIM600, la modélisation est possible avec les variables  $HR_{\text{moy}}$ ,  $HR_{\text{min}}$ ,  $P_{\text{mm}}$ ,  $P_i$  et  $INS_h$ . Ces variables ont respectivement des seuils de signification de 0,016 ; 0,015 ; 0,021 ; 0,028 et 0,028. Pour le clone PB86, un modèle univarié est possible avec la variable  $HR_{\text{moy}}$  qui a un seuil de signification de 0,046. La relation de régression linéaire simple entre les rendements des clones ( $Y$ , t/ha/an) et les variables climatiques prises individuellement révèle que l'insolation a un effet positif sur la production des clones GT1, PR107 et RRIM600. En effet, l'insolation et le rendement de ces clones évoluent dans le même sens. Ce paramètre climatique explique 76 % à 90 % des variations de rendements. Le **Tableau 2** reprend les modèles obtenus à la suite de l'établissement de la relation de régression linéaire simple entre les rendements des clones et les variables climatiques.

**Tableau 2 : Modèles obtenus dans la relation de régression linéaire simple**

Clones	Relation	R <sup>2</sup> (%)	P
$Y_{\text{GT1}}$	$5.10^{-4}INS_h + 0,8988$	89,88	0,014
$Y_{\text{PR107}}$	$4.10^{-4}INS_h + 1,4196$	84,83	0,026
$Y_{\text{RRIM600}}$	$4.10^{-4}INS_h + 0,8059$	75,68	0,055
$Y_{\text{GT1}}$	$-0,5246T_{\text{moy}} + 15,892$	70,10	0,075
$Y_{\text{PR107}}$	$-0,4443T_{\text{moy}} + 14,15$	64,79	0,100
$Y_{\text{RRIM600}}$	$0,1578HR_{\text{moy}} - 12,649$	82,86	0,032
$Y_{\text{RRIM600}}$	$0,0774HR_{\text{min}} - 4,721$	83,62	0,030
$Y_{\text{PB86}}$	$-0,0905HR_{\text{moy}} + 9,6948$	14,07	0,534
$Y_{\text{RRIM600}}$	$-9.10^{-4}P_{\text{mm}} + 3,6428$	79,48	0,042
$Y_{\text{RRIM600}}$	$-0,0176P_i + 4,6646$	75,63	0,055

Le paramètre température a un effet négatif sur la production des clones GT1 et PR107. En effet, une augmentation de la température entraîne une diminution du rendement de ces 2 clones. La température moyenne explique respectivement 65 et 71 % des variations de rendements du PR107 et du GT1. L'humidité relative a un effet positif sur la production du clone RRIM600. Par contre, ce même paramètre a un effet négatif sur la production du clone PB86. L'humidité relative explique 83 à 84 % de la variation du rendement du clone RRIM600 et 14 % de la variation du rendement du clone PB86. Enfin, la pluviométrie a une incidence négative sur la production du clone RRIM600. Une augmentation de la quantité des pluies ( $P_{\text{mm}}$ ) et de sa répartition journalière ( $P_i$ ) entraîne une baisse sensible du rendement du RRIM600. Ces 2 variables expliquent 76 à 79 % de la variation du rendement dudit clone.

L'analyse de la régression multiple entre  $Y_{GT1}$  et les variables  $T_{moy}$  et  $INS_h$  prises à 2 a donné la **Relation**  $Y = -0,197T_{moy} + 6,401$ , le coefficient affecté à la variable  $INS_h$  étant nul. Ce modèle explique 94,5 % ( $R^2 = 0,945$  au seuil de signification 0,055) des variations de rendements du clone GT1. L'analyse de la régression multiple entre  $Y_{PR107}$  et les variables  $T_{moy}$  et  $INS_h$  prises à 2 a donné le modèle  $Y = -0,157T_{moy} + 5,806$ , le coefficient affecté à la variable  $INS_h$  étant nul. Cette relation explique 88 % ( $R^2 = 0,88$  au seuil de signification 0,114) des variations de rendements du clone PR107. L'analyse de la régression multiple entre  $Y_{RRIM600}$  et le couple de variables  $HR_{moy}$  et  $HR_{min}$  prises à 2 a donné le modèle  $Y = -0,376HR_{moy} + 0,261HR_{min} + 14,239$ . Cette relation explique 88,4% ( $R^2 = 0,884$  au seuil de signification 0,156) des variations de rendements du clone RRIM600. L'analyse de la régression multiple entre  $Y_{RRIM600}$  et  $P_{mm}$  et  $P_i$  prises à 2 a donné le modèle  $Y = -7.10^{-3}P_i + 4,130$ , le coefficient de  $P_{mm}$  étant nul. Cette relation explique 81,5 % ( $R^2 = 0,815$  au seuil de signification 0,185) des variations de rendements du clone RRIM600. Bien que les variables indépendantes soient significatives, l'analyse de la régression linéaire multiple entre  $Y_{RRIM600}$  et  $HR_{moy}$ ,  $HR_{min}$ ,  $P_{mm}$ ,  $P_i$  et  $INS_h$  prises ensemble ne propose aucun modèle.

Pour le site de SAFACAM, l'essai de modélisation concerne les rendements des clones GT1, PR107 et RRIM600 sur lesquels les données de production ont pu être obtenues. Pour la recherche de variables significatives, l'analyse des coefficients de variation révèle d'une part que les rendements des différents clones présentent des variations dans le temps et, d'autre part que les données des paramètres climatiques varient faiblement. En ce qui concerne les rendements, les données des clones GT1 et RRIM600 ont des coefficients de variation (CV) respectifs de 24 % et 63 %, d'où une forte variation. Avec un CV de 14 %, les données du clone PR107 varient très faiblement. Pour les données des variables climatiques, outre la température minimale qui ne varie pas (CV = 0), tous les CV sont inférieurs à 15 %, d'où une variation faible dans l'ensemble. Seules les variables  $P_i$  et  $P_{mm}$  ont une corrélation significative avec respectivement les variables dépendantes  $Y_{GT1}$ ,  $Y_{PR107}$  et  $Y_{RRIM600}$ . Un modèle univarié est donc possible pour chacun des 3 clones concernés. L'effet du nombre de jours de pluies ( $P_i$ ) sur la production des clones GT1 et PR107, puis l'effet de la quantité de pluies ( $P_{mm}$ ) sur la production du clone RRIM600 révèlent un faible effet négatif de l'augmentation du nombre de jours de pluies sur la production des clones GT1 et PR107. Le nombre de jours de pluies explique 72 % et 57 % de la variation de rendements de ces clones respectifs. L'augmentation de la quantité des pluies a un effet positif sur la production du clone RRIM600. La quantité des pluies explique 52 % de la variation de rendements du RRIM600. Le **Tableau 3** reprend les modèles obtenus à la suite de l'établissement de la relation de régression linéaire simple entre les rendements des clones et les variables climatiques pour le site de SAFACAM.

**Tableau 3 : Modèles obtenus dans la relation de régression linéaire simple à SAFACAM**

Clones	Relation	R <sup>2</sup> (%)	P	Se/y (%)
$Y_{GT1}$	$-0,0357P_i + 6,4418$	72,08		
$Y_{PR107}$	$-0,0198P_i + 4,2552$	57,23		
$Y_{RRIM600}$	$0,0011P_{mm} - 2,4305$	52,20		
$Y_{GT1}$	$-0,1136T_{min} + 3,8521$	50,43	0,049	47,22
$Y_{PR107}$	$-0,1399T_{min} + 4,585$	62,83	0,018	36,01
$Y_{GT1}$	$-4.10^{-4}P_{mm} + 2,5985$	58,40	0,026	43,09
$Y_{PR107}$	$-5.10^{-4}P_{mm} + 3,0095$	69,54	0,010	32,67
$Y_{PR107}$	$-0,2744T_{moy} + 9,133$	51,01	0,046	41,58

Sur la zone côtière, tous les paramètres influencent dans un sens ou l'autre la production des différents clones d'hévéas. La température et la pluviométrie ont globalement un effet négatif sur la production de caoutchouc pour les clones GT1 et PR107. L'humidité relative et l'insolation quant à elles influencent positivement la production du clone PR107. La variation des rendements de l'hévéa au Sud-Ouest Cameroun pourrait être expliquée sous deux angles : d'une part, les deux sites n'offrent pas les conditions climatiques identiques concernant l'hygrométrie et l'insolation et d'autre part, les conditions édaphiques varient également d'un site à l'autre. L'hévéa dans un premier temps exige une hygrométrie proche de la saturation au moment de la saignée. Sur le site d'HEVECAM, l'hygrométrie avoisine 90 % [5]. Par contre, sur le site de la SAFACAM, ce paramètre climatique est de 81,15 %. Il apparaît donc que le site d'HEVECAM offre de meilleures conditions pour l'exploitation de l'hévéa. Les rendements y sont par conséquent plus élevés par rapport au site de SAFACAM. Le facteur édaphique pourrait dans un second temps expliquer les variations de rendements sur la zone côtière. En effet, [13] présente les sols d'HEVECAM comme un excellent support pour l'hévéa. Par contre selon [14], les sols de SAFACAM sont d'une fertilité moyenne et leur aptitude pour la culture de l'hévéa est marginale et explique les différences de rendements observées.

Ces résultats sont en accord avec les travaux de [7] en Indonésie, où il a identifié quatre contraintes écologiques majeures pour l'hévéa. En outre, ils concordent avec les travaux de [15] qui ont montré qu'une diminution de l'insolation est une cause de la chute du rendement moyen de l'hévéa en Malaisie et en Côte d'Ivoire. Une humidité relative élevée favorise l'écoulement du latex à cause de la faible transpiration. L'humidité relative est impliquée dans le mécanisme d'écoulement du latex. Elle limite l'évapotranspiration de l'hévéa. La faible évapotranspiration a pour conséquence le maintien d'une forte pression hydrostatique dans les tissus de l'arbre. C'est cette pression hydrostatique libérée dans les vaisseaux laticifères qui favorise l'écoulement du latex. Ces observations expliquent donc l'effet positif de l'humidité relative sur la production de l'hévéa. Cependant l'influence négative de l'humidité relative sur la production du clone PB86 sur le site d'HEVECAM pourrait s'expliquer par le fait que ce paramètre favorise aussi les attaques fongiques. En effet, selon les travaux de [16], une humidité relative élevée favorise la prolifération des agents pathogènes tels que *Rigidoporus lignosus* et *Phytophthora palmivora*, néfastes à l'évolution d'une plantation d'hévéas. L'influence négative de la température sur la production de l'hévéa pourrait s'expliquer par le fait que ce paramètre favorise la transpiration de l'hévéa qui est néfaste à l'écoulement du latex. La pluviométrie quant à elle présente surtout les inconvénients pour les travaux de récolte. Les fortes pluies perturbent la saignée. En effet, le travail peut être interrompu lorsqu'elles deviennent gênantes. En outre, la production se trouve limitée soit par des écoulements libres de latex sur l'arbre, soit par la dilution du latex par l'eau de pluie.

Sur le site d'HEVECAM, l'analyse de régression linéaire multiple entre Y et les différentes variables climatiques n'a généré aucune relation significative car les seuils de signification des différents modèles sont toujours supérieurs à 5 %. Toutefois, les modèles univariés significatifs obtenus restent imparfaits car leurs ratios Se/y sont supérieurs à la norme 10, recommandée pour un bon modèle [17]. Sur le site de la SAFACAM, les trois modèles univariés obtenus sont significatifs ( $P < 0,05$ ), mais ils sont aussi imparfaits car leurs ratios Se/y sont supérieurs à 10. L'analyse de la régression linéaire multiple entre Y et les variables climatiques prises 2 à 2 a donné la relation  $Y = -0,044T_{\text{moy}} - 0,124T_{\text{min}} + 5,441$  comme la plus acceptable. Ce modèle est non significatif car son seuil de signification est supérieur à 0,05 ( $P = 0,079$ ). En prenant toutes les variables indépendantes ensemble ( $T_{\text{moy}}$ ,  $T_{\text{min}}$ ,  $HT_{\text{min}}$ ,  $P_{\text{mm}}$  et  $INS_h$ ), la régression linéaire multiple a donné le modèle  $Y = 0,176T_{\text{moy}} - 0,146T_{\text{min}} + 0,012HR_{\text{min}} - 8,498.10^{-5}P_{\text{mm}} - 1,273$ . Cette relation est également non significative ( $P = 0,428$ ).

#### 4. Conclusion

Il ressort de cette étude que le climat a une influence directe sur la production de l'hévéa dans la zone considérée. En effet, la température, la pluviométrie, l'humidité relative et l'insolation prises individuellement et même en interaction expliquent à des degrés divers les variations de rendements des clones observés. L'élévation de la température et de la pluviométrie entraîne généralement une baisse de rendement de ces clones. Par contre, on note globalement une augmentation du rendement des différents clones lorsque l'hygrométrie et l'insolation s'élèvent. Sur le site d'HEVECAM, l'insolation explique 85 % et 90 % de la variation des rendements des clones PR107 et GT1. Les humidités relatives moyenne et minimale expliquent respectivement 83 % et 84 % de la variation de rendements du clone RRIM600. La quantité des pluies explique quant à elle 79 % des variations des rendements du RRIM600. Sur le site de la SAFACAM, la répartition des pluies en jours explique 72,08 % et 57,23 % de la variation de rendements des clones GT1 et PR107 respectivement. La pluviométrie explique 52,2 % des variations de rendements du clone RRIM600. En définitive, les entreprises exploitant l'hévéa devront mieux synchroniser l'exploitation des arbres avec les aléas climatiques. En outre, les clones choisis devront être adaptés à l'environnement, afin d'améliorer leur production. Les données nécessaires à cette étude ont tenu compte des intervalles de temps assez courts (5 et 8 ans) pour générer des variations climatiques significatives susceptibles de lui donner un impact statistique fiable. Les paramètres climatiques pourraient donc ne pas expliquer certaines variations de rendements à travers des régressions linéaires. A cet effet, les régressions pourraient être plus aptes à expliquer les variations de rendements observées en fonction des variables indépendantes, et spécialement lorsqu'elles sont prises en interaction.

#### Références

- [1] - M. A. DELABARRE et J. B. SERIER, L'hévéa. Le Technicien d'Agriculture. Maisonneuve-Larose, Paris (1995).
- [2] - M. A. DELABARRE et J. M. ESCHBACH, Les plantes à caoutchouc, *In* Mémento de l'agronome. Jouve, 11, bd de Sébastopol, Paris (France), (2002).
- [3] - D. C. NEPSTAD, C. M. STICKLER, B. SOARES-FILHO and F. MERRY, Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 363 (2008) 1737-1746.
- [4] - FAO, Perspectives monde. 2009 [www.perspectives.com](http://www.perspectives.com)
- [5] - P. DICKA, Audit environnemental du complexe agro-industriel HEVEA CAMEROUN. HEVECAM, Niété (2007).
- [6] - P. CARON, M. DINGKUHN, S. LEWICKI DHAINAUT, B. LOCATELLI, C. NOUAÏLLE et H. OMONT, Direction de la recherche et de la stratégie. Cirad (2009).
- [7] - E. PENOT, Stratégies paysannes et évolution des savoirs : l'hévéaculture agroforesterie indonésienne, Thèse de doctorat. Université Montpellier I, (2001).
- [8] - L. F. COULIBALY, M. DIARRASSOUBA, S. OBOUAYEBA, G. YAPI, V. CHIA et S. AKE, Système d'exploitation en saignée inversée du clone PB 235 de *Hevea brasiliensis* en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 9 (2) (2011) 1147-1160.
- [9] - C. SURRE et R. ZILLER, Le palmier à huile. Collection Techniques Agricoles et Productions Tropicales, Maisonneuve-Larose, Paris (1963).
- [10] - P. THALER, Dynamique des ressources carbonées de l'arbre à l'écosystème. Ecophysiologie de l'hévéa (*Hevea brasiliensis*). Thèse de doctorat. Ecole Doctorale Sciences de la Vie et de la Santé. Université de Clermont et Université Blaise Pascal (2010).

- [11] - E. GOHET, J. C. PREVOT, J. M. ESCHBACH, A. CLEMENT and J. L. JACOB, Clone, growth and stimulation: latex production factors. *Plantation Recherche Développement*, 3 (1996) 30-38.
- [12] - A. O. OGUNKUNLE, Variation of some soil properties along two toposequences on quartzite, schist and bonded gneiss in southwestern Nigeria. *Ge Journal* 30 (4) (1993) 397-402.
- [13] - P. G. LEVODO, Evaluation technique d'un système d'irrigation par aspersion mobile, cas des pépinières en sacs de polyéthylène d'HEVECAM, Mémoire de fin d'études. FASA, Dschang, (2008).
- [14] - B. YANA, Evaluation biophysique et gestion de la fertilité pour les cultures d'hévéa, palmier à huile, manioc et maïs : cas des terres d'extension de la SAFACAM à Dizangué, Mémoire de fin d'études. FASA, Dschang, (2008).
- [15] - P. COMPAGNON, Le caoutchouc naturel. Maisonneuve-Larose, Paris, (1986).
- [16] - V. M. NIÉTO and J. RODRIGUEZ, *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. Corporacion Nacional de Investigacion of Forestal Santafé de Bogota, (2007).
- [17] - A. BROWN, Régression/corrélation, Notes de cours. Les Presses de l'Université Laval, (1978).