

# IMPLICATION DE LA VARIABILITE PLUVIOMETRIQUE DANS LE DEPLACEMENT DE LA BOUCLE DU CACAO DU CENTRE-EST AU CENTRE-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE

Z. A. KOUADIO<sup>1</sup>, K. L. KOUASSI<sup>1</sup>, K. B. DJE<sup>2</sup>, L. N. T. ZOURA<sup>1</sup>, A. COULLIBALY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa (Côte d'Ivoire) ; [kazile2004@yahoo.fr](mailto:kazile2004@yahoo.fr);

<sup>2</sup> SODEXAM/Direction de la Météorologie Nationale, 15 BP 990 Abidjan 15 - Côte d'Ivoire.

## RESUME

Cette étude vise à déterminer la part de la variabilité pluviométrique dans le déplacement de la boucle du cacao du Centre-Est (ancienne boucle) vers le Centre-Ouest (nouvelle boucle). Deux localités pilotes par boucle ont été choisies pour l'étude. Il s'agit d'Abengourou et Dimbokro pour l'ancienne boucle et les localités de Daloa et Divo pour la nouvelle boucle. Les données utilisées sont la pluviométrie (annuelle et mensuelle) et le rendement annuel de cacao. Les logiciels d'analyse statistique et cartographique ont servi à traiter les données.

Les résultats issus des différents traitements montrent une baisse de la production agricole dans l'ancienne boucle et une augmentation dans la nouvelle boucle à partir des années 1970. La pluviométrie seuil de 700 mm/an devant garantir la productivité du cacaoyer est atteinte à 33 % dans l'ancienne boucle et 45 % dans la nouvelle boucle. Aussi, le seuil minimum de 70 mm/an pour permettre la survie du cacaoyer pendant la saison sèche est atteint à environ 50 % dans l'ancienne boucle et de plus de 70% dans la nouvelle boucle. Les faibles corrélations entre la production de cacao et la pluviométrie au niveau des deux boucles signifient que la pluviométrie n'est pas le seul facteur ayant contribué au déplacement de la boucle du cacao du Centre-Est vers le Centre-Ouest.

**Mots clés** : variabilité pluviométrique, production du cacao, boucles du cacao, Côte d'Ivoire

## ABSTRACT

*This study aims to determine the part of the rainfall variability in the moving of the loop cocoa from East-Center is former loop toward to West-Center is New loop. Two pilot localities by loop have been chosen for this study. It is about Abengourou and Dimbokro for the former loop and the localities of Daloa and Divo for new loop. The used data are the rainfall (yearly and monthly) and the yearly output of cocoa. The software of statistical and cartographic analysis served to treat the data.*

*The results stemmed from the different localities show a decrease of the agricultural production in the former loop and its increase in the new loop from 1970 years. The threshold rainfall of 700 mm / year to guarantee the productivity of the cocoa tree is reached at 33% in the old loop and 45% in the new loop. Also, the minimum threshold of 70 mm / year to allow the survival of the cocoa tree during the dry season is reached at about 50% in the old loop and more than 70% in the new loop. The weak correlations between cocoa production and rainfall at the two loops mean that rainfall is not the only factor that has contributed to the displacement of the cocoa loop from Central East to Central West.*

**Key words**: rainfall variability, cocoa production, loop of cocoa, Côte d'Ivoire.

## INTRODUCTION

La culture du cacao a été introduite en Côte d'Ivoire en 1892 sur les bords du fleuve Cavally [1]. Cette culture auparavant pratiquée à l'Est et au Centre-Est de la Côte d'Ivoire a connu un développement très rapide après les années 1950 [2]. Ainsi, de 1922 à 1939 la production est passée de 2 300 tonnes à 55 000 tonnes. Cette croissance rapide et continue de la production a fait de la Côte d'Ivoire, le premier producteur mondial de cacao et l'appellation des régions de l'Est et du Centre-Est, ancienne boucle du Cacao [3]. Ainsi, avec l'épuisement des ressources forestières et la rupture pluviométrique constatée dans ces zones, cette boucle s'est déplacée vers les régions du Centre-Ouest et de l'Ouest, d'où l'appellation de Nouvelle boucle du cacao [4]. Les résultats des travaux de [5] indiquent une baisse moyenne de la pluviométrie de 15 % dans la plupart des localités de l'ancienne boucle du cacao. D'autres travaux similaires effectués par [6,7], situent la rupture pluviométrique en 1969 dans cette même boucle précisément à Abengourou et Dimbokro. Également dans la nouvelle boucle, [8,9] ont obtenu les ruptures respectivement en 1969 à Divo et en 1972 à Daloa. Dès lors, cette baisse de la pluviométrie pourrait impacter la bonne productivité des cultures en l'occurrence celle du cacaoyer et partant, justifier le déplacement de la boucle. En effet, le cacaoyer a des exigences agro-climatiques non négligeables. Il exige en moyenne 1500 mm de pluie par an et peut végéter correctement avec 1100-1200 mm dans les régions à sol riche, profond et humide et une température de 28°C [10]. Le cacaoyer demande aussi une pluviométrie moyenne de 700 mm sur quatre mois consécutifs pour garantir une production optimale.

Ce travail vise à vérifier la satisfaction ou la non-satisfaction de ces exigences dans le déplacement de la boucle du cacao (centre-est) vers la nouvelle boucle du cacao (centre-ouest). Spécifiquement, il s'agit de déterminer la part de la variabilité pluviométrique dans le déplacement de l'ancienne boucle. Rechercher le lien existant entre la pluviométrie et la production de cacao. (Ceci constitue un objectif spécifique)

## PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE

L'ancienne boucle du cacao et la nouvelle boucle du cacao sont situées respectivement au centre-est pour et centre-ouest de la Côte d'Ivoire (Figure 1).

Le climat est de type tropical humide dans l'ancienne boucle avec un régime pluviométrique de type bimodal : une grande saison de pluie de mars à juin, une petite saison sèche de juillet à août, une petite saison de pluie d'octobre à novembre, enfin une grande saison sèche de novembre à février [5]. Le climat de la nouvelle boucle du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire est très humide et connaît aussi quatre saisons (d'avril à mi-juillet : grande saison des pluies ; de mi-juillet à septembre : petite saison sèche ; de septembre à novembre : petite saison des pluies ; de décembre à mars : grande saison sèche [8,9]. Le régime hydrologique est de type équatorial de transition atténuée dans l'ancienne boucle du cacao, tropical humide de transition dans la nouvelle boucle [4].

La végétation dans les deux boucles du cacao est dominée par la forêt et la savane [4]. Le relief est constitué de plateaux de basses altitudes et de plaines. Les sols sont peu profonds, ferrallitiques et gravillonnaires. Les zones de forêt présentent des sols profonds à textures fines, argilo-sableux [8,11].

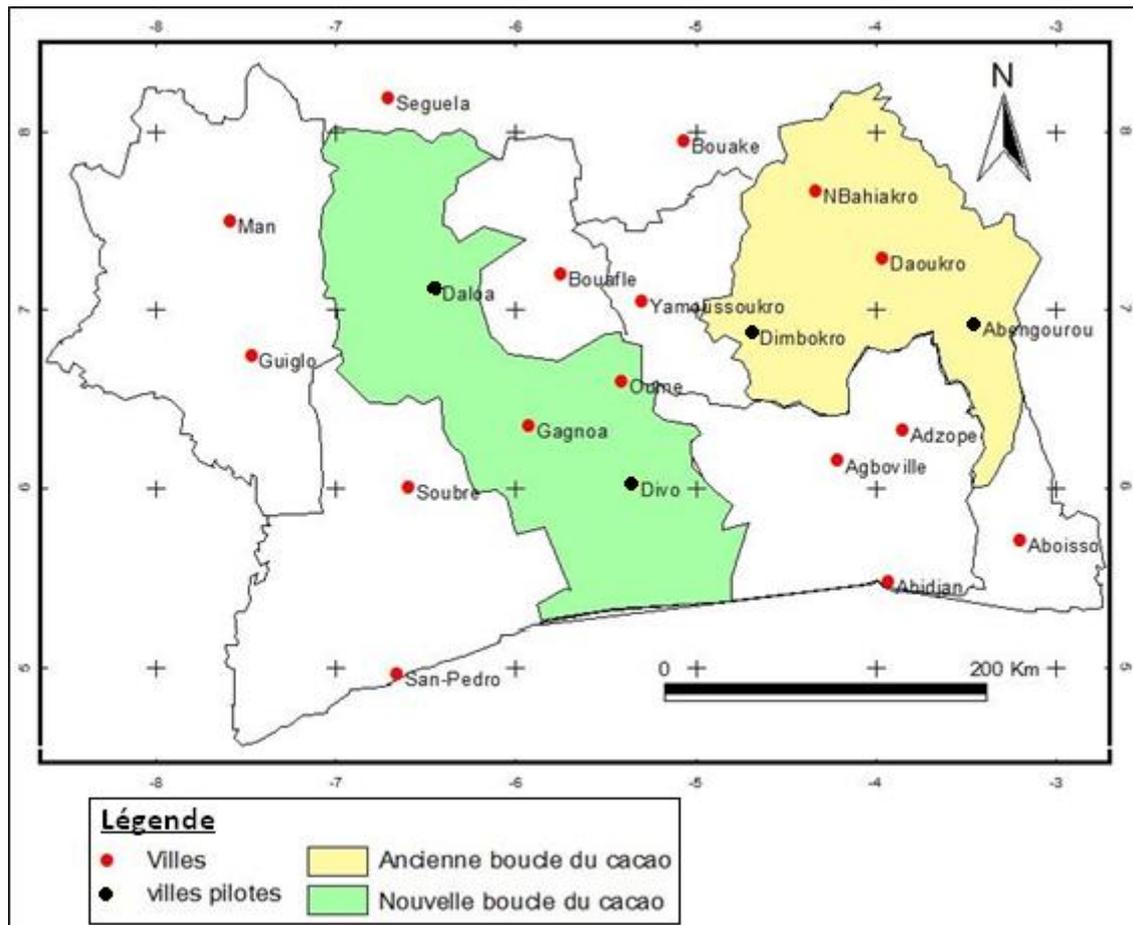


Figure 1 : Situation géographique de l'ancienne et la nouvelle boucle du cacao.

## MATERIEL ET METHODES

### DONNEES ET MATERIEL

Les données utilisées sont la pluviométrie annuelle de la période 1961-2015 et le rendement annuel de cacao de 1965 à 1986 des localités d'Abengourou et Dimbokro (ancienne boucle du cacao) et de Daloa et Divo (nouvelle boucle du cacao). Les données pluviométriques proviennent de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Les données du rendement proviennent de la Direction de la Statistique, de la Documentation et de l'Information (DSDI).

### METHODES

#### Analyse de la production de cacao

Une analyse interannuelle du rendement du cacao est faite pour suivre l'évolution de la production agricole. Elle est basée sur une représentation graphique du rendement du cacao de l'ancienne et la nouvelle boucle du cacao.

#### Lien entre la pluie et la production du cacao

La période pluvieuse au cours de laquelle le cacaoyer a besoin en continue de l'eau pour garantir une bonne production couvre les mois d'avril à juillet. Le cumul pluviométrique de cette

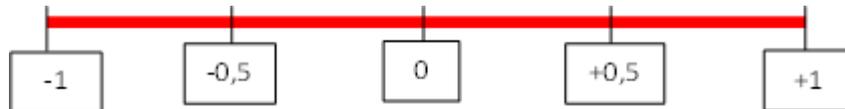
période doit être en moyenne de 700 mm [12,13]. De plus, pour la survie du cacaoyer en saison sèche sur trois mois continue, il faut un minimum pluviométrique de 70 mm [10]. Ces deux seuils seront vérifiés dans les deux boucles à partir des stations pluviométriques choisies.

Dans un second temps, la relation entre la pluviométrie et le rendement de cacao est

$$r(X, Y) = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2)$$

$$cov(X, Y) = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \cdot Y_i \right) - (\bar{X} \cdot \bar{Y}) \quad (3)$$

Son interprétation est la suivante :



Si,  $-1 < r < -0,5$  ; alors, il y a une forte corrélation négative entre la pluviométrie et le rendement.

Si,  $-0,5 < r < +0,5$  ; alors pas de relation entre la pluviométrie et le rendement.

Si,  $+0,5 < r < 1$  ; alors forte corrélation positive entre la pluviométrie et le rendement. ( ce n'est pas une méthode, il me semble que ce sont des résultats que l'on pourrait avoir)

Pour vérifier la significativité du coefficient de corrélation, le test t de Student a été utilisé [14]. Ce test présente au mieux le lien qui pourrait exister entre les deux variables (la pluviométrie X et le rendement de cacao Y) en comparant un t calculé à un t lu dans la table de Student. Le seuil de significativité  $\alpha$  est fixé à 0,5% ; le degré de liberté est (n-2), le texte t est calculé d'après la formule (équation 4) :

$$t_{calculé} = |r| * \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (4)$$

$t_{calculé}$  : test de Student calculé

analysée à partir du coefficient de corrélation [14]. Ce coefficient qui varie entre -1 et +1 permet de détecter la présence ou l'absence d'une relation linéaire entre deux caractères quantitatifs continus X et Y. Ici, X et Y représentent respectivement la pluviométrie et le rendement de cacao. Pour calculer ce coefficient, il faut d'abord calculer la covariance (équation 2).

n : taille de l'échantillon

r : coefficient de corrélation

Si  $t_{calculé}$  est supérieur à  $t_{lu}$ , alors une corrélation entre X et Y existe bel et bien.

Si  $t_{calculé}$  est inférieur à  $t_{lu}$ , alors la corrélation observée entre X et Y est due au hasard.

## RESULTATS

### Analyse de la production de cacao

L'analyse des représentations graphiques de la planche 1 (ici on parle de planche, car vous avez plusieurs images pour donner une explication) indique que sur la même période, une tendance générale à la baisse de la production du cacao dans l'ancienne boucle. Dans la nouvelle boucle, cette tendance est à la hausse. Les coefficients directs des droites d'ajustement justifient vice versa la baisse et la hausse de la production dans les deux boucles. Ils sont négatifs dans l'ancienne boucle et positifs dans la nouvelle.

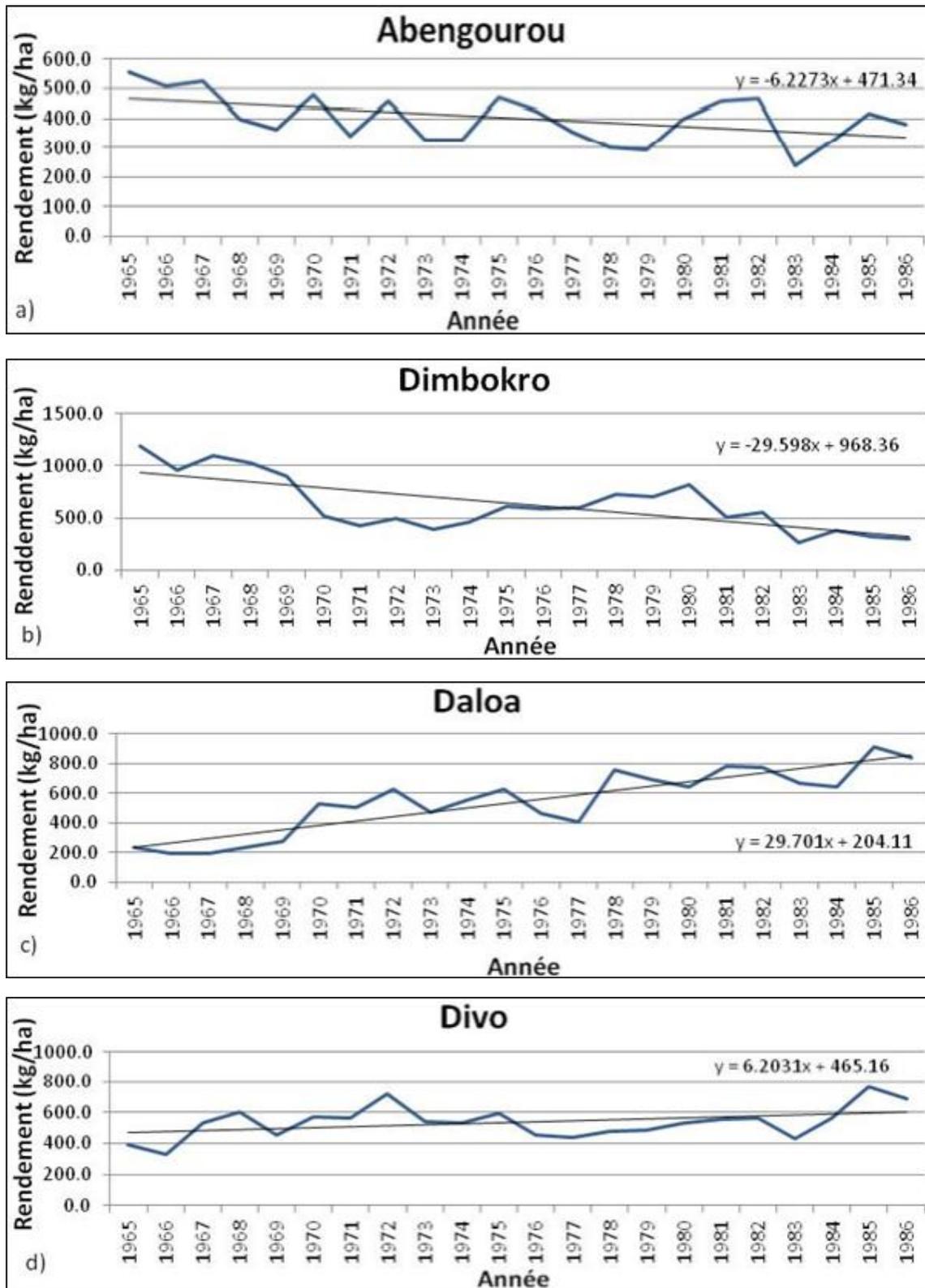


Planche 1 : Evolution temporelle du rendement de cacao dans l'ancienne boucle (Abengourou et Dimbokro) et la nouvelle boucle (Daloa et Divo).

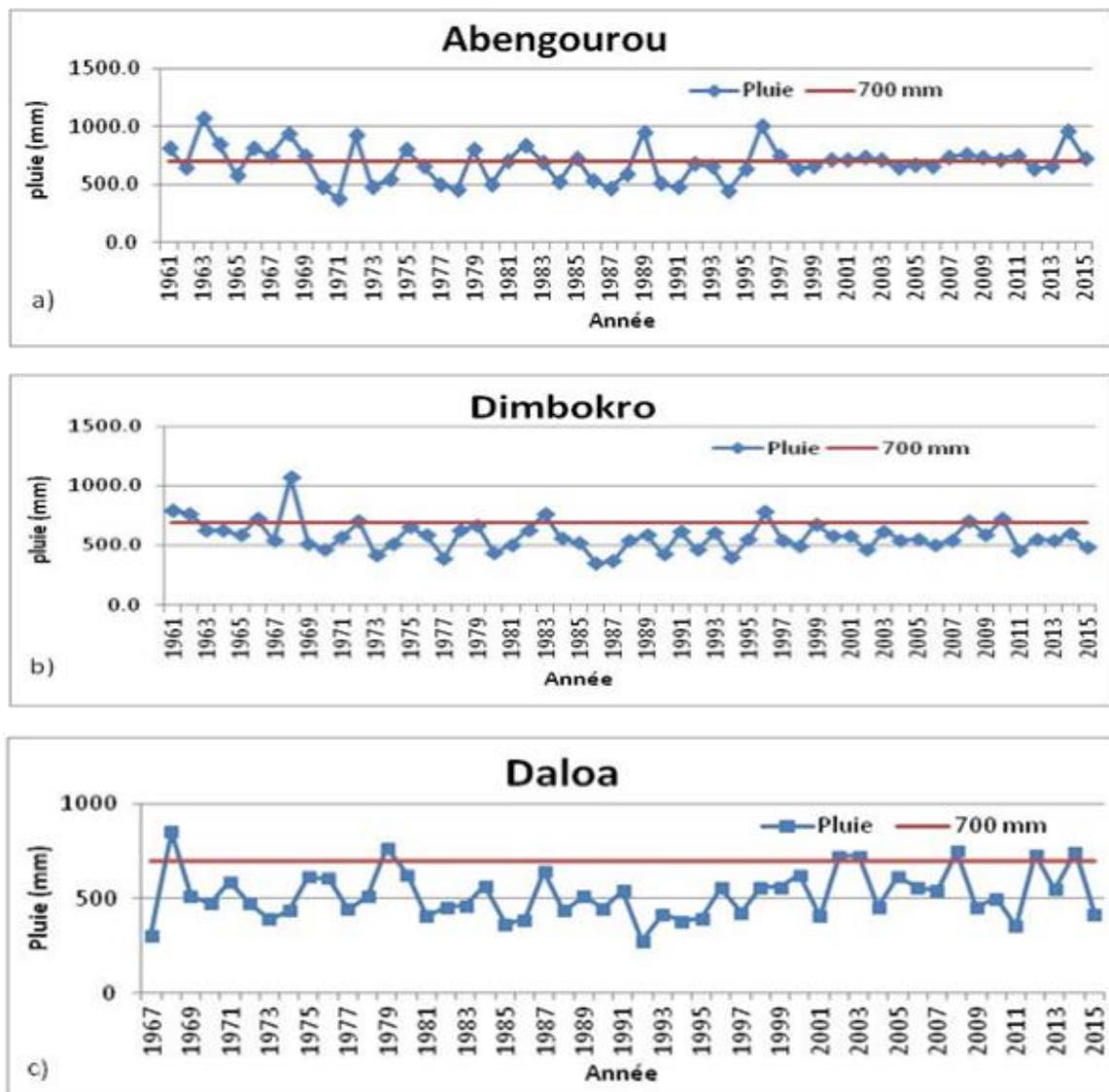
## RELATION ENTRE LA PLUIE ET LE RENDEMENT

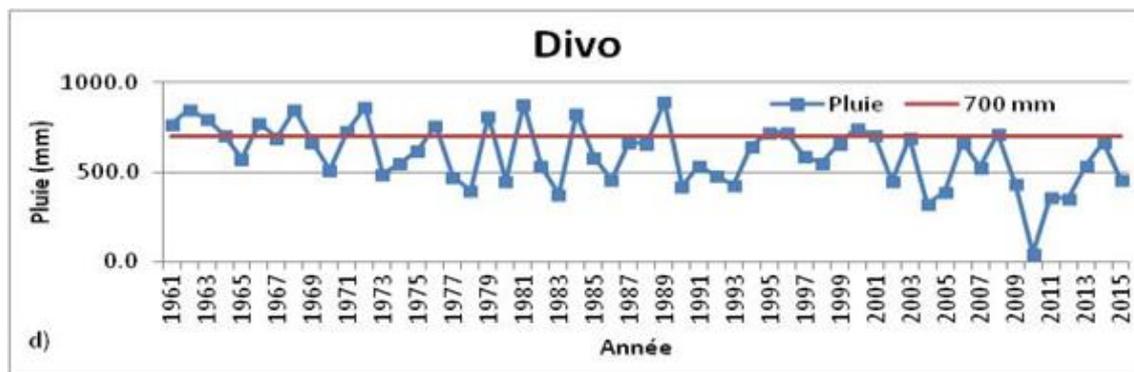
### Satisfaction de la pluviométrie seuil de 700 mm

La pluviométrie seuil de 700 mm pour garantir la production optimale du cacaoyer (figures 3 a et b) n'est pas dans la majorité des cas atteinte dans l'ancienne boucle du cacao. Sur la période

de l'étude ce seuil est atteint à 51 % à Abengourou et seulement à 15 % à Dimbokro. Soit une couverture moyenne de satisfaction pluviométrique dans l'ancienne boucle de 33 %.

Dans la nouvelle boucle du cacao, le seuil de 700 mm est atteint à Daloa à 24 %. A Divo, il est atteint à 67 %. Sur l'ensemble de la nouvelle boucle, le taux de satisfaction moyen est de 45 %. (Vos images c et d ne sont pas annoncées même si vous en parlez)



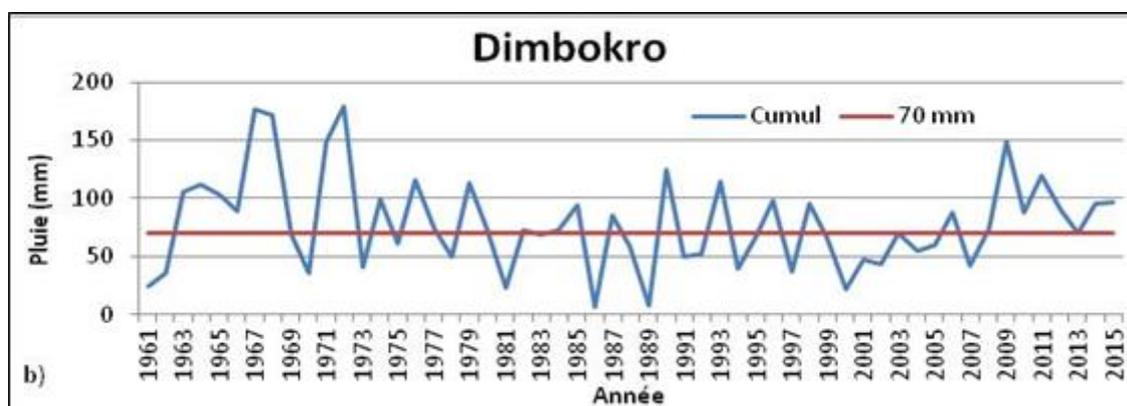
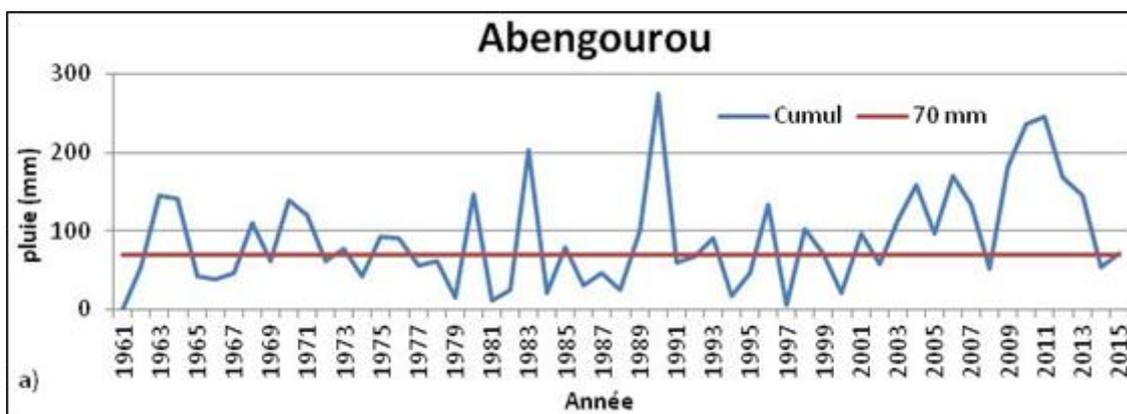


**Planche 2 :** Evolution de la pluviométrie saisonnière par rapport au seuil de 700 mm dans l'ancienne boucle : a) Abengourou, b) Dimbokro et dans la nouvelle boucle c) Daloa et d) Divo.

**Satisfaction de la pluviométrie seuil de 70 mm**

Au cours de la saison sèche, la hauteur pluviométrique minimale seuil de 70 mm pour permettre la survie du cacaoyer (Planche 3) est globalement satisfaite. Dans l'ancienne boucle

du cacao (Abengourou et Dimbokro), le taux de satisfaction est en moyenne de 53 % sur la période d'étude. Dans la nouvelle boucle (Daloa et Divo), la saison sèche garantit le minimum pluviométrique de 70 mm respectivement à 69 % et 76 % sur la période d'étude.



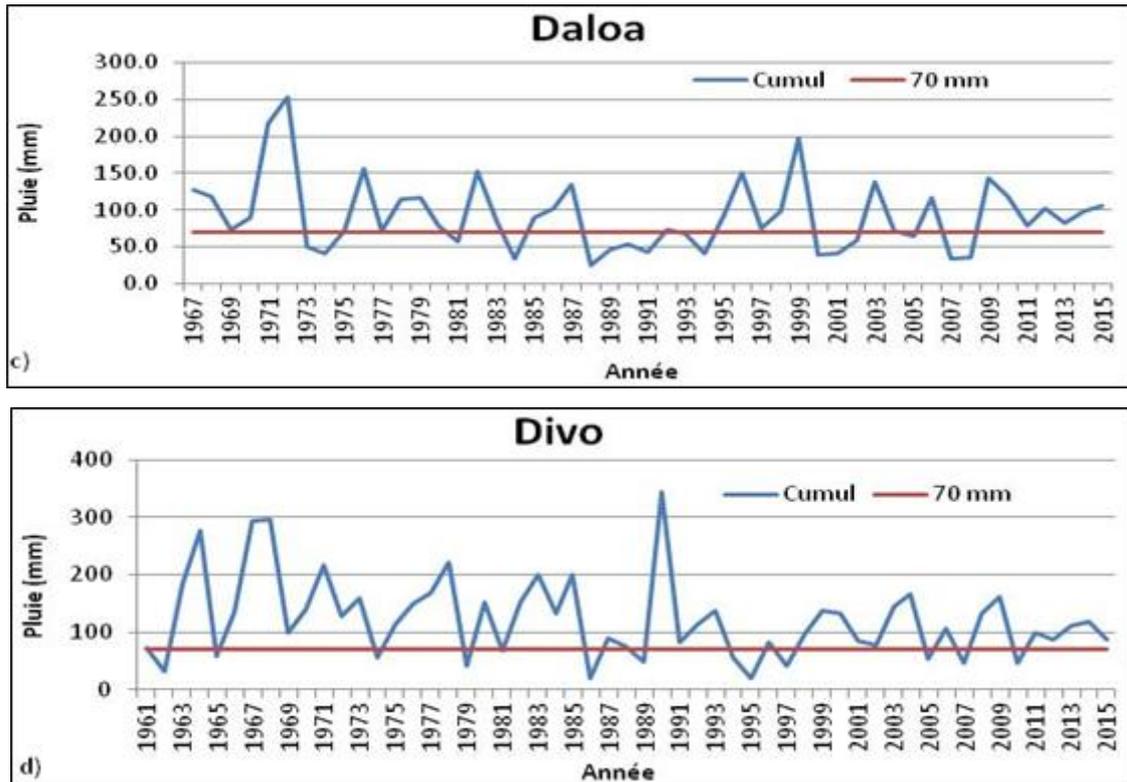
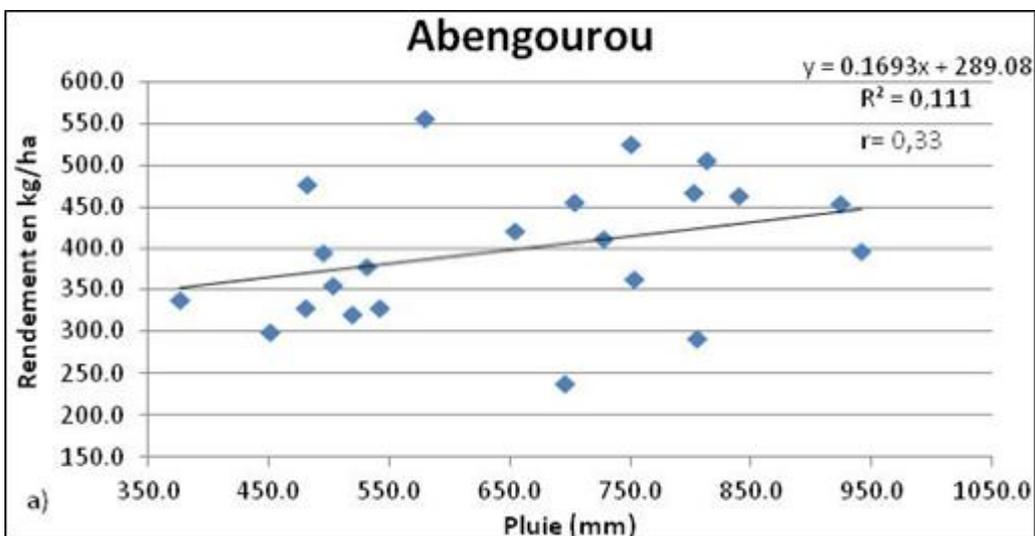


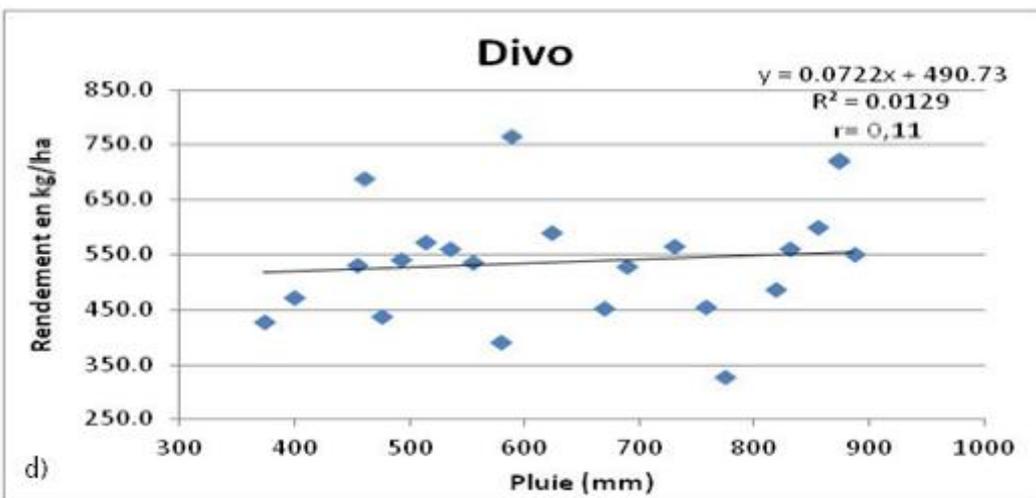
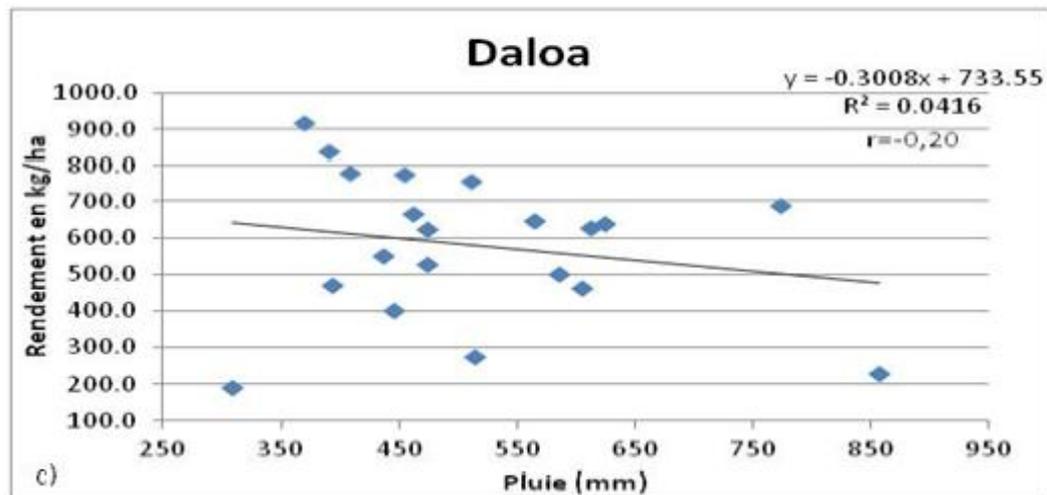
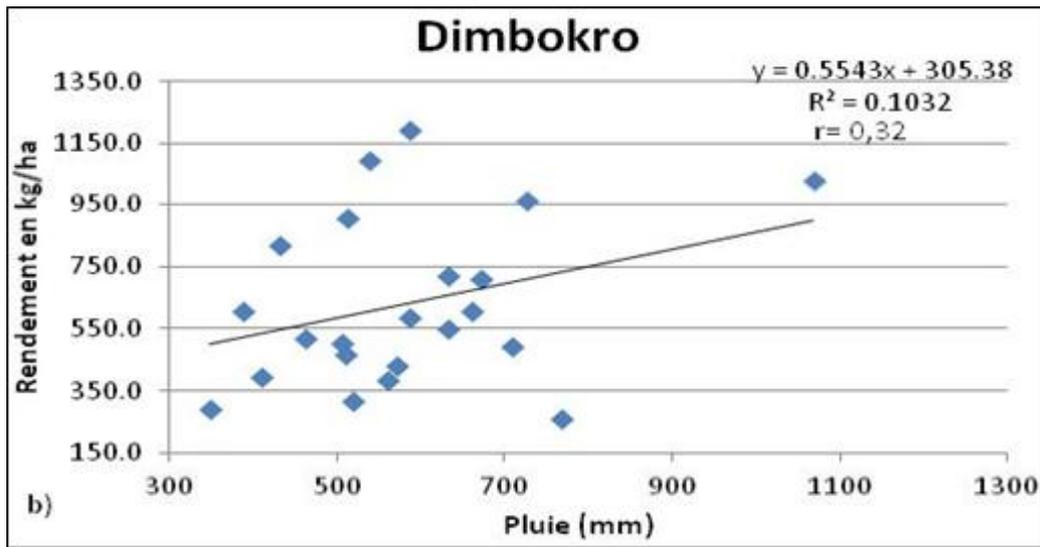
Planche 3 : Evolution de la pluviométrie saisonnière minimale par rapport au seuil de 70 mm dans l'ancienne boucle (Abengourou et Dimbokro) et la nouvelle boucle (Daloa et Divo).

**Recherche de la corrélation entre la pluviométrie et la production agricole**

L'analyse de la relation entre la pluviométrie et la production agricole dans les deux boucles du cacao (Planche 4) donnent une faible (Votre phrase semble être incomplète). Les coefficients de corrélation qui en résultent sont dans

l'ancienne boucle de 0,33 à Abengourou, 0,32 à Dimbokro et dans la nouvelle boucle de (-0,20) à Daloa et 0,11 à Divo. On note en effet une évolution similaire de la pluviométrie et de la production agricole au niveau de trois localités (Abengourou, Dimbokro et Divo) à l'exception de Daloa.





**Planche 4 :** Relation entre la pluviométrie et la production de cacao dans l'ancienne boucle du cacao et dans la nouvelle (Daloa et Divo).

## Significativité du coefficient de corrélation

Le coefficient de corrélation calculé est faible et positif Abengourou, Dimbokro et Divo sauf à Daloa où il est négatif. La valeur du test de significativité est inférieure à la valeur du test lu

à Abengourou, Dimbokro, Daloa et Divo. Cela signifie que le coefficient de corrélation entre la pluviométrie et la production n'est pas statistiquement significatif dans les localités de l'ancienne et de la nouvelle boucle du cacao (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Test de significativité sur la corrélation entre la pluviométrie et la production de cacao dans les deux boucles.

	Coefficient de corrélation (r)	Taille de l'échantillon (n)	Degré de liberté (n-2)	Erreur $\alpha$ (%)	Significativité	
					test calculé	test lu
Abengourou	0,33	22	20	5	0,687	1,725
Dimbokro	0,32	22	20	5	1,569	1,725
Daloa	-0,20	20	18	5	1,512	1,734
Divo	0,01	22	20	5	1,424	1,725

## DISCUSSION

L'approche de la mise en évidence de l'impact de la variabilité pluviométrique sur le déplacement de l'ancienne boucle du cacao à la nouvelle a porté sur la vérification des seuils de 700 mm pendant la saison pluvieuse et de 70 mm pendant la saison sèche, d'une part, et sur la relation entre la pluviométrie et la production agricole. Le seuil de 700 mm est atteint en moyenne à 33 % dans l'ancienne boucle et à 45 % dans la nouvelle. Relativement à ces résultats, la production de cacao montre une tendance à la baisse dans l'ancienne boucle et une hausse dans la nouvelle. Il se dégage que la non-satisfaction de la pluviométrie seuil de façon suffisante serait une des raisons palpables dans le déplacement de la boucle. Les besoins en eau du cacaoyer ne sont pas totalement assurés. Quant au seuil de 70 mm pendant la saison sèche pour garantir la survie du cacaoyer, il atteint à environ 50 % et plus de 70 % dans la nouvelle boucle. Cette condition de satisfaction de l'existence du cacaoyer dans l'ancienne boucle confirme la disparition de certains vergers dans x zone du pays. (Phrase incomplète)

Les résultats obtenus de la relation entre la pluviométrie et la production de cacao donnent des coefficients de corrélation relativement faible dans les deux boucles et pas significative à un seuil de 5 %. Également, [15] ont obtenu des

résultats similaires dans leurs travaux en zones Centre et Nord de la Côte d'Ivoire. En outre, leurs résultats ont montré un coefficient relativement faible entre le rendement agricole (maïs et igname) et la durée des saisons culturales. Aussi, [11,16] confirment-ils que les paramètres climatiques contrôlent en partie la production du cacao. Outre la contribution avérée de la variabilité pluviométrique dans le déplacement de la boucle du cacao, plusieurs facteurs pourraient être indexés. Il s'agit de la fiabilité des données de la DSDI qui ne tient pas compte de la superficie réelle des plantations, des localités enclavées, de l'espèce de cacao cultivée et le circuit de vente qui n'est pas bien maîtrisé. Ensuite la pluie en elle-même ne peut montrer une réelle influence sur une plante surtout que toute la pluie tombée n'est pas utilisée par elle. Selon [15], la relation pluie production agricole n'est pas toujours linéaire. De plus, la pluviométrie n'est pas spatialement uniforme d'une localité à une autre et au sein d'une même localité. Par conséquent, la baisse x pluviométrie n'est pas le seul facteur de la baisse de la production agricole dans l'ancienne boucle. D'autres facteurs tels que : la pédologie (humidité et la profondeur du sol) et les techniques culturales (les produits phytosanitaires, les techniques culturales et l'entretien des parcelles) ne devraient pas être ignorés. En effet, les paramètres climatiques ne garantissent pas à eux seuls une bonne production du cacaoyer.

## CONCLUSION

Cette étude avait pour but de déterminer l'implication de la pluviométrie dans le déplacement de la boucle du cacao du Centre-Est vers le Centre-Ouest. Il ressort des différentes analyses que :

- la production cacaoyère a baissé dans l'ancienne boucle du cacao et a augmenté dans la nouvelle boucle.

- la pluviométrie seuil x 700 mm pour permettre la production de cacao était atteinte en moyenne à 33 % dans l'ancienne boucle du cacao et à 45 % dans la nouvelle.

- le seuil de 70 mm requis pour permettre la survie du cacao en saison sèche était atteint à plus de 50 % dans les deux boucles du cacao.

- la faible corrélation entre la pluviométrie et la production de cacao, indique que la pluviométrie n'est pas la seule cause de la baisse la production cacaoyère.

D'autres facteurs tels que la pédologie, l'agronomie, les pressions parasitaires et les espèces du cacaoyer (sensible ou résistant) peuvent affecter la production.

## REFERENCES

- N'Goran K., Réflexions sur un Système de Production Durable du Cacaoyer: Cas de la Côte d'Ivoire. Smithsonian museum, 8 p, 1998.
- Affou Y. et Tano K., La boucle du cacao en Côte d'Ivoire : une situation migratoire inversée, Communication aux 3èmes journées démographiques de l'ORSTOM, Paris, vol. 12 p, 1988.
- Assiri A. A., Kacou E. A., Assi F. A., Ekra K. S., Dji K. F., Couloud J. Y. et Yapo A. R. Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 14, no. 2, pp. 1939-1951, 2012.
- Brou Y. T. Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques (mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches). Université des Sciences et Technologies de Lille (USTL), 226 p, 2005.
- Noufé D., Bruno L., Gil M., Eric S., Brou Y. T., Koli B. Z. et Chaléard J-L., Variabilité climatique et production de maïs en culture pluviale dans l'est Ivoirien. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 152-167, 2011.
- Paturel J. E., Servat E., Kouamé B., Boyer J. F., Lubès H. et Masson J. M., Procédures d'identification de ruptures dans des séries chronologiques Modification du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest non sahélienne. *International Association of Hydrology Sciences*, vol. 234, pp. 99-110, 1996.
- Soro T.D., Soro N., Oga Y.M.S., Lasm T., Soro G., Ahoussi K.E. et Biémi J. - La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, vol. 5. no 5, pp. 55-73, 2011.
- DOI : 10.4000/physio-geo.1581.
- Kouadio Z. A., Dynamique de l'occupation du sol et comportement hydrologique : cas des bassins versants côtiers de l'Agneby et du Boubo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire (Option : géosciences et environnement), 167 p, 2011.
- Yao A. B., Evaluation des potentialités en eau du bassin versant de la Lobo en vue d'une gestion rationnelle (centre-ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 193 p, 2015.
- Dian B., Aspect géographique du binôme café-cacao dans l'économie ivoirienne, *Nouvelles Editions Africaines*, Abidjan-Dakar, 95 p., 1978.
- Kouakou K. E., Impacts de la variabilité climatique et du changement climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : Cas du bassin versant de la Comoé. Thèse de doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire (Option : géosciences et environnement), 186p, 2011.
- Mian k. A., Contribution à l'analyse agro-climatique de la zone de culture du cacaoyer en Côte d'Ivoire. Mémoire d'ingénieur en agro-météorologie. Centre régionale Agrhyment, 100 p, 2007.
- Kassin K. E., Doffangui K., Kouamé B., Yoro R. G. et Assa A. (2008). Variabilité pluviométrique et perspectives pour la replantation cacaoyère dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, vol. 12, pp. 633 - 641.

- Dagnelie P., *Théorie et méthodes statistiques: Applications agronomiques*. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, Tome I, 2<sup>ème</sup> édition, 378p., 1984.
- Noufé D., Kouadio Z. A., Soro G. E., Wayou P. T., Goula B. T. A. et Savané I., Impact de la variabilité climatique sur la production de maïs et de l'igname en zone centre et nord de la Cote d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, vol. 27 no.3, pp. 241-255, 2015.
- Kanohin F., Saley M. B., Aké G. E. et Savané I., Variabilité climatique et productions de café et cacao en zone tropicale humide : cas de la région de Daoukro (Centre-est de la Côte). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 1, no. 2, pp. 194-215, 2012.