

ANALYSE DE LA DUREE DE LA SAISON PLUVIEUSE EN FONCTION DE LA DATE DE DEMARRAGE DES PLUIES EN AFRIQUE DE L'OUEST : CAS DU BASSIN VERSANT DU BANDAMA EN COTE D'IVOIRE

A. M. KOUASSI¹, N'G. J. KOUASSI², K. B. DJE³, K. F. KOUAME⁴ ET J. BIEMI⁴

¹Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) ; Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi) ; Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et des Sciences Géographiques ; BP 1093 Yamoussoukro, Tél. (+225) 30 64 67 15 (Côte d'Ivoire) ; michel.a_kouassi@yahoo.fr

²Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro ; Ecole Supérieure des Mines et de Géologie (ESMG) ; Bp 1093 Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) ; joelkouassi2100gmail.com

³Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM) Abidjan ; 15 Bp 990 Abidjan 15 ; Tél. : (+225) 21 58 20 01 (Côte d'Ivoire) ; dkouakou_b@yahoo.fr

⁴Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM) ; Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE) ; 22 BP 582 Abidjan 22 ; Tel : (+225) 22 48 38 03 (Côte d'Ivoire) ; kouamef@yahoo.fr / jbiemi@yahoo.fr

RESUME

Cette étude a pour objectif d'analyser les relations entre la durée et la date de démarrage des saisons pluvieuses dans le bassin versant du Bandama (Côte d'Ivoire). Des données de pluies journalières de dix (10) stations réparties sur l'ensemble dudit bassin pour la période 1951-2000 ont été utilisées. Le logiciel Instat + version 3,36 a été utilisé pour déterminer les dates de début et de fin de saison des pluies afin de déduire la durée de la saison pluvieuse à partir de la méthode de Sivakumar. Des régressions linéaires simples ont été utilisées pour établir les relations entre les durées (longueurs) et les dates de démarrage des saisons pluvieuses. Les principaux résultats obtenus ont permis de préciser les dates de début et de fin ainsi que les durées des saisons pluvieuses au niveau des trois types de régimes climatiques du Nord au Sud. Il apparaît que la variabilité des dates de démarrage est plus forte que celle des dates de fin. Les résultats des régressions linéaires établies ont permis de prédire la durée de la saison pluvieuse à partir de la date de démarrage de la saison avec des coefficients de corrélation variant entre 0,85 et 0,97.

Mots clés : Variabilité pluviométrique, Durée de la saison pluvieuse, Régression linéaire, Bandama, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE DURATION OF THE RAINY SEASON ACCORDING TO THE START DATE OF THE RAINS IN WEST AFRICA : CASE OF THE WATERSHED OF BANDAMA IN IVORY COAST

This study aims to analyze the relationship between the duration (length) and start date of the rainy seasons in the Bandama watershed in Ivory Coast. The data used are daily rainfall of ten (10) stations covering the whole basin for the period 1951-2000. Instat + version 3.36 software was used to determine the start and end dates of the rainy season to derive the duration of the rainy season from the Sivakumar method. Simple linear regressions were used to establish relationships between durations (lengths) and start dates of rainy seasons. The main results obtained during this work, made it possible to specify the dates of beginning and end as well as the durations of the rainy seasons for each of the three principal climatic regimes of the Ivory Coast. It appears that the variability of the start dates is greater than the one of the end dates. Results from linear regressions established links between the duration of the rainy season and its' start date with correlation some coefficients spanning from 0.85 and to 0.97.

Key words: Rainfall variability, Rainy season duration, Linear regression, Bandama, Ivory Coast.

INTRODUCTION

Le climat ouest africain en général et le climat ivoirien en particulier a fait l'objet d'une intense observation depuis la phase des grandes sécheresses de 1972-1973 et 1982-1983 (Ardoin, 2004 ; Kouakou *et al.*, 2012 ; Kouassi *et al.*, 2017 ; etc.). Cette baisse de pluviométrie a eu en général de graves conséquences sur les activités socio-économiques des populations ivoiriennes et en particulier sur la production agricole. Il est en effet soutenable que l'agriculture est vraisemblablement l'activité humaine qui dépend le plus du climat et donc subit de plein fouet l'impact du changement climatique. Ainsi, la production agricole sous conditions pluviales est à la fois rendue incertaine à cause, d'une part, des difficultés à identifier les dates de début et de fin des saisons culturales et, d'autre part la durée de la saison pluvieuse. Il se pose alors le problème important de la détermination des dates de semis compte tenu de l'installation irrégulière des premières pluies utiles. Ainsi, l'étude du début et de la fin des saisons pluvieuses et de leurs variations est indispensable pour mieux ajuster la durée du cycle des cultures à celle de la pluviométrie actuelle. Cette connaissance permet également de déterminer la période d'irrigation, les dates de semis et de moissons, la période de rationnement en eau ainsi que la quantification des besoins en eau. La sélection des espèces culturales adaptées (semis de 70, 90, 105, 120 jours, etc.) et le choix des zones cultivables adaptées (plaine, bas-fonds, élévations, etc.) dépendent aussi des informations relatives au début et à la fin des saisons pluvieuses (Camberlin *et al.*, 2003 ; Adewi *et al.*, 2010 ; Traboulsi *et al.*, 2012). La relation entre la date de début des pluies et la longueur de la saison culturale a déjà fait objet de plusieurs travaux

en Afrique de l'Ouest (le Niger, le Burkina Faso, Mali, le Sénégal, Tchad, etc.) par plusieurs auteurs (Sivakumar, 1988 ; Gueye et Sivakumar, 1992 ; etc.). Cependant, les études sur la caractérisation de la saison pluvieuse en général et le démarrage de la saison des pluies en particulier en Côte d'Ivoire (Kouassi *et al.*, 2010 ; Kouakou *et al.*, 2015 ; Kouakou *et al.*, 2017) sont limitées car d'importantes zones agro-économiques ne sont pas encore concernées par ces dernières, notamment le bassin versant du Bandama qui constitue l'une des plus importantes zones de cultures de rente et de cultures vivrières. Face à cette situation, la présente étude est initiée pour analyser la relation entre les durées des saisons pluvieuses et leurs dates de démarrage sur l'ensemble du bassin versant de Bandama.

MATERIEL ET METHODES

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La Côte d'Ivoire fait partie des pays du Golfe de Guinée. Elle s'étend sur une superficie de 322 462 km², environ 1 % du continent africain. Le bassin versant du Bandama s'étend du Nord au Sud de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 5°14N et 10°21N et les longitudes 4°W et 7°W (*Figure 1*). Il a une superficie de 97 000 km² et une forme rectangulaire. De par sa configuration géographique allongée, le bassin versant du Bandama est représentatif des grands ensembles climatiques de la Côte d'Ivoire. Du Nord au Sud de la zone d'étude, on distingue trois types de régime : le régime tropical de transition ou climat soudanais, le régime équatorial de transition atténué ou climat baouléen et le régime équatorial de transition ou climat attiéen.

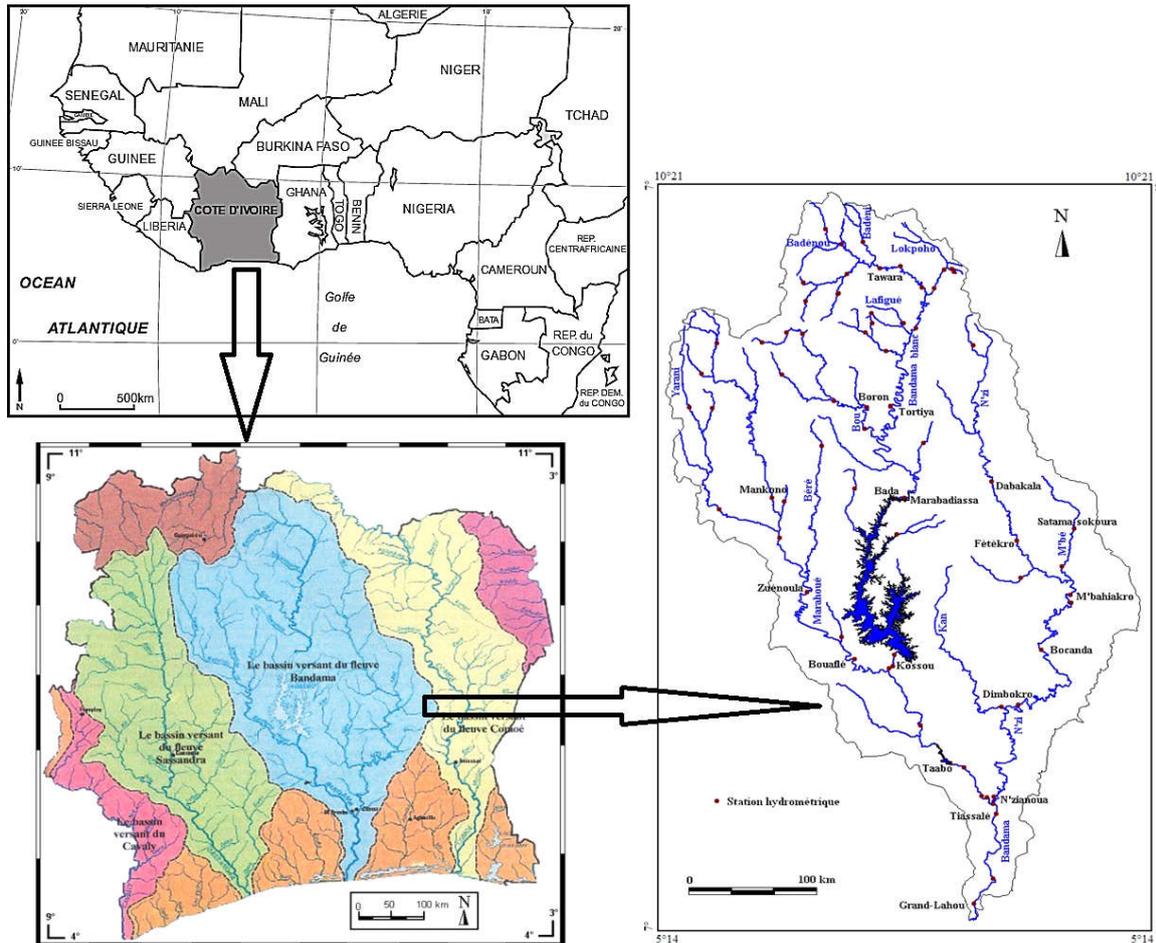


Figure 1 : Présentation du bassin versant du Bandama
Presentation of the Bandama Watershed

MATERIEL

Les données climatiques utilisées ont été mises à notre disposition par la Société D'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Il s'agit des données de pluviométrie journalière de dix (10) stations couvrant les trois zones climatiques du bassin du Bandama (Boundiali, Korhogo, Séguéla, Mankono, Bouaké, Bouaflé, Yamoussoukro et Dimbokro, Tiassalé et Grand-Lahou). Les données pluviométriques collectées s'étendent sur la période 1951-2000.

METHODOLOGIE DE MODELISATION DE LA DUREE DE LA SAISON PLUVIEUSE

Détermination des saisons pluvieuses

Les approches généralement utilisées dans le contexte ivoirien sont basées sur la méthode de Erpicum (Kouassi *et al.*, 2010), la méthode d'Eldin (Kouakou *et al.*, 2015), la méthode agronomique dite de Sivakumar (Kouakou *et al.*, 2017), etc. En effet, il n'existe pas de critère universellement accepté pour définir le démarrage et la fin des saisons (Sivakumar, 1988 ; Joseph *et al.*, 1994 ; Houndéno et Hernandez, 1998 ;

Omotosho *et al.*, 2000 ; Sultan et Janicot, 2000 ; Dodd et Jolliffe, 2001 ; Marengo *et al.*, 2001 ; Ati *et al.*, 2002 ; Camberlin et Diop, 2003 ; Camberlin et Okoola, 2003 ; Camberlin *et al.*, 2003 ; Camberlin, 2004 ; Balmé *et al.*, 2005 ; Fontaine *et al.*, 2008 ; Adewi *et al.*, 2010 ; Traboulsi, 2012).

La durée de la saison pluvieuse est déduite de la connaissance des dates de début et de fin de ladite saison. En effet, la durée de la saison pluvieuse est la différence entre ces deux dates. Les dates de début et de fin de la saison pluvieuse ont été déterminées avec la méthode de seuil de Sivakumar qui est relativement simple à mettre en œuvre (Sivakumar *et al.*, 1993 ; Mahaman *et al.*, 2011 ; Kouakou *et al.*, 2017). Cette dernière a été automatisée avec le logiciel Instat+ v3.36.

En se basant sur Sarr (1995) cité par Traboulsi *et al.* (2012), une étude fréquentielle nous a permis d'apprécier l'évolution des saisons culturales. Les dates de début et de fin des saisons sont classées en fonction des limites définies par le quartile inférieur (20 %), le quartile médian (50 %) et le quartile supérieur (80 %). Si les dates sont inférieures ou égales à la valeur limite du quartile inférieur, elles sont considérées comme précoces. Par contre, lorsqu'elles se trouvent supérieures ou égales à 80 %, elles sont tardives. Enfin, lorsqu'elles sont situées entre 20 % et 80 %, elles sont dites « normales ».

Prévision de la durée des saisons pluvieuses

La méthode utilisée pour la prévision de la durée des saisons pluvieuses est celle de la régression linéaire simple qui met en relation la durée de la saison pluvieuse et la date de démarrage de celle-ci selon l'équation suivante (équation 1) :

$$Y = aX + b \quad (1)$$

Avec :

Y : durée de la saison pluvieuse ;

X : date de démarrage de la saison pluvieuse.

L'évaluation des modèles a été effectuée à travers un critère statistique (coefficient de corrélation R) et un critère graphique. Deux variables ont été considérées comme corrélées si leur coefficient de corrélation est supérieur ou égal à 0,8. La significativité de ce seuil a été analysée.

RESULTATS

DATES DE DEMARRAGE ET DE FIN DES SAISONS PLUVIEUSES

Le tableau 1 présente les variations des dates de démarrage et de fin de la saison pluvieuse en régime tropical de transition ou climat soudanais. Les dates de début de la saison pluvieuse dans ce régime unimodal se situent en moyenne au mois d'avril avec des écarts-types de 24 à 37 jours. La deuxième décennie du mois de juin, la troisième décennie du mois d'août et la première décennie du mois de septembre constituent les dates tardives du début de la saison pluvieuse tandis que les dates précoces se situent du 5 au 27 février, du 11 février au 2 mars, du 14 février au 31 mars et du 19 février au 21 mars respectivement à Séguéla, Mankono, Boundiali et Korhogo. Quant aux dates de fin de la saison pluvieuse en régime pluviométrique unimodal, les plus précoces sont le premier octobre. Les dates tardives sont comprises entre le 18 octobre et le 12 novembre. Pour toutes les saisons pluvieuses, il est constaté que la variabilité spatio-temporelle des dates de début est plus importante que celle des dates de fin.

Tableau 1 : Dates de démarrage et de fin de la saison pluvieuse en régime pluviométrique unimodal.
Start and end dates of the rainy season in the unimodal climate regime.

Stations	Minimum	20 %	Moyenne	50 %	80 %	Maximum	Ecart-type
Démarrage de la saison pluvieuse							
Korhogo	19-févr.	21-mars	11-avr.	12-avr.	01-mai	14-juin	24
Boundiali	14-févr.	31-mars	18-avr.	19-avr.	11-mai	10-juin	26
Mankono	11-févr.	02-mars	1-avr.	28-mars	23-avr.	24-août	36
Séguéla	5-févr.	27-févr.	26-mars	18-mars	18-avr.	3-sept.	37
Fin de la saison pluvieuse							
Korhogo	1-oct.	1-oct.	7-oct.	5-oct.	5-oct.	5-nov.	8
Boundiali	1-oct.	2-oct.	10-oct.	7-oct.	18-oct.	12-nov.	10
Mankono	1-oct.	1-oct.	8-oct.	5-oct.	17-oct.	5-nov.	9
Séguéla	1-oct.	1-oct.	8-oct.	3-oct.	15-oct.	11-nov.	11

Le tableau 2 montre les résultats des dates de début et de fin de la première saison pluvieuse en régime bimodal (Centre et Sud de la Côte d'Ivoire). Les dates de début de la première saison pluvieuse se situent en moyenne au mois de mars avec des écarts-types de 21 à 31 jours. Les mois de mai et juin constituent les dates tardives des débuts de la saison pluvieuse tandis que les dates

précoces sont situées dans le mois de Février. La période allant de la première décade à la deuxième décade d'août constitue les dates de fin tardives de la première saison pluvieuse sauf à la station de Grand-Lahou où elles se situent entre le 31 juillet et le 2 Septembre. Quant aux dates de fin précoces, elles sont situées dans la première décade et la deuxième décade du mois de juillet.

Tableau 2 : Dates de démarrage et de fin de la première saison pluvieuse en régime pluviométrique bimodal.

Start and end dates of the first bimodal rainy season.

Stations	Minimum	20 %	Moyenne	50 %	80 %	Maximum	Ecart type
Dates de démarrage de la première saison pluvieuse							
Bouaké	4-févr.	27-févr.	16-mars	15-mars	3-avr.	17-mai	22
Yamoussoukro	11-févr.	27-févr.	16-mars	16-mars	2-avr.	04-mai	21
Dimbokro	1-févr.	21-févr.	11-mars	09-mars	29-mars	13-mai	21
Bouaflé	2-févr.	19-févr.	14-mars	11-mars	3-avr.	17-juin	28
Tiassalé	1-févr.	15-févr.	10-mars	06-mars	24-mars	03-juin	28
Grand-Lahou	1-févr.	25-févr.	23-mars	20-mars	21-avr.	14-juin	31
Dates de fin de la première saison pluvieuse							
Bouaké	1-juil.	1-juil.	9-juil.	6-juil.	6-juil.	11-août	11
Yamoussoukro	1-juil.	4-juil.	14-juil.	12-juil.	23-juil.	17-août	12
Dimbokro	1-juil.	2-juil.	13-juil.	11-juil.	23-juil.	13-août	12
Bouaflé	1-juil.	1-juil.	9-juil.	6-juil.	16-juil.	05-août	10
Tiassalé	1-juil.	2-juil.	15-juil.	13-juil.	26-juil.	11-août	12
Grand-Lahou	1-juil.	18-juil.	30-juil.	31-juil.	31-juil.	2-sept.	13

Le tableau 3 présente les caractéristiques des dates de début et de fin de la 2^{ème} saison pluvieuse dans le régime bimodal. Les dates de début de la deuxième saison pluvieuse se situent en moyenne dans les mois d'août et septembre avec des écart-types de 16 à 26 jours. Le mois de septembre et d'octobre constituent les mois tardifs des dates de début de la deuxième saison pluvieuse tandis que les dates précoces se situent dans le mois d'août dans toutes les stations sauf à la station de Grand-Lahou où

celles-ci se situent au premier septembre. En ce qui concerne les dates de fin de la deuxième saison pluvieuse, les précoces sont synchrones et se situent au 1^{er} novembre sur toutes les stations sauf à la station de Grand-Lahou où elles ont lieu le 3 novembre. En moyenne les dates de fin de la deuxième saison pluvieuse se situent dans la première et la deuxième décade de novembre. Les dates de fin tardives se situent aussi dans le mois de novembre entre la première et la troisième décade.

Tableau 3 : Dates de démarrage et de fin de la deuxième saison pluvieuse en régime pluviométrique bimodal.

Start and end dates of the second bimodal rainy season.

Stations	minimum	20 %	Moyenne	50 %	80 %	Maximum	Ecart type
Dates de démarrage de la deuxième saison pluvieuse							
Bouaké	01-août	07-août	21-août	19-août	4-sept.	28-sept.	16
Yamoussoukro	01-août	10-août	27-août	27-août	11-sept.	18-oct.	19
Dimbokro	01-août	13-août	2-sept.	30-août	20-sept.	22-oct.	23
Bouaflé	01-août	06-août	26-août	26-août	12-sept.	23-oct.	20
Tiassalé	01-août	28-août	15-sept.	18-sept.	5-oct.	20-oct.	21
Grand-Lahou	01-août	1-sept.	18-sept.	23-sept.	11-oct.	21-oct.	23
Dates de fin de la deuxième saison pluvieuse							
Bouaké	01-nov	1-nov.	3-nov.	1-nov.	4-nov.	20-nov.	4
Yamoussoukro	1-nov.	1-nov.	6-nov.	3-nov.	13-nov.	26-nov.	7
Dimbokro	1-nov.	1-nov.	7-nov.	3-nov.	12-nov.	29-nov.	8
Bouaflé	1-nov.	1-nov.	6-nov.	3-nov.	12-nov.	25-nov.	6
Tiassalé	1-nov.	1-nov.	10-nov.	10-nov.	17-nov.	5-déc.	9
Grand-Lahou	1-nov.	3-nov.	15-nov.	15-nov.	25-nov.	7-déc.	11

ANALYSE DE LA DUREE DES SAISONS PLUVIEUSES

Le tableau 4 présente les résultats relatifs à la durée des saisons pluvieuses. La durée de la saison pluvieuse est variable dans le temps et dans l'espace. Dans la zone à régime unimodal, elle dure en moyenne entre 175 (Boundiali) et 197 jours (Séguéla) avec des écarts-types de 24 à 41 jours. Les durées minimums de la saison pluvieuse se situent entre 34 (Séguéla) et 116 jours (Boundiali). Les durées maximums de la saison pluvieuse se situent entre 225 (Korhogo) et 280 jours (Séguéla).

En régime bimodal, la première saison pluvieuse dure en moyenne entre 115 (Bouaké) et 129

jours (Grand-Lahou et Tiassalé) avec des écarts-types variant entre 22 et 34 jours. Les durées maximums de la première saison pluvieuse se situent entre 152 (Yamoussoukro) et 205 jours (Tiassalé). Les durées minimums de la première saison pluvieuse varient entre 36 (Tiassalé) et 61 jours (Yamoussoukro). La deuxième saison pluvieuse dure en moyenne entre 56 (Tiassalé) et 74 jours (Bouaké) avec des écarts-types fluctuant entre 17 et 24 jours. Les durées minimums de la deuxième saison pluvieuse sont comprises entre 11 (Bouaflé) et 38 jours (Yamoussoukro). Les durées maximums de la première saison pluvieuse fluctuent entre 100 (Yamoussoukro) et 121 jours (Grand-Lahou).

Tableau 4 : Durées des saisons pluvieuses (jours) en régimes unimodal et bimodal.*Rainy seasons duration (days) in unimodal and bimodal modes.*

Stations	Minimum	20 %	Moyenne	50 %	80 %	Maximum	écart type
Durée de la saison pluvieuse (jours)							
Korhogo	109	162	179	177	200	225	24
Boundiali	116	153	175	173	199	233	27
Mankono	40	165	190	195	216	259	37
Séguéla	34	171	197	199	228	280	41
Durée de la première saison pluvieuse (jours)							
Bouaké	45	92	115	135	117	179	26
Yamoussoukro	61	100	120	124	139	152	22
Dimbokro	60	103	124	122	150	168	26
Bouaflé	39	94	117	127	139	172	31
Tiassalé	36	110	129	137	148	205	32
Grand-Lahou	55	100	129	128	162	192	34
Durée de la deuxième saison pluvieuse (jours)							
Bouaké	34	58	74	76	90	105	17
Yamoussoukro	38	54	71	76	85	100	18
Dimbokro	15	45	66	68	89	117	24
Bouaflé	11	53	71	71	93	108	22
Tiassalé	20	37	56	54	78	103	22
Grand-Lahou	19	42	58	53	73	121	23

ANALYSE DE LA DUREE DE LA SAISON PLUVIEUSE EN FONCTION DE LA DATE DE DEMARRAGE DES PLUIES

Pour une marge d'erreur de 5 %, un échantillon de taille n égale à 50 et un seuil de coefficient de corrélation de 0,8, le critère expérimental de Student est de 9,24 contre la valeur tabulée qui est de 2,01. Dans ces conditions, l'hypothèse nulle est rejetée et donc le seuil du coefficient de corrélation fixé à 0,8 est significatif.

A l'issue du calage à partir des régressions linéaires simples, plusieurs équations de prévisions de la durée de la saison pluvieuse (Y) en fonction de la date de démarrage des pluies (X) selon les régimes pluviométriques ont été obtenues.

Au niveau du régime pluviométrique unimodal, on a :

$$\text{Korhogo : } Y = -0,969X + 278,35 ; \quad (2)$$

$$\text{Mankono : } Y = -1,0037X + 282,89 ; \quad (3)$$

$$\text{Séguéla : } Y = -1,0712X + 289,05 ; \quad (4)$$

$$\text{Boundiali : } Y = -0,9937X + 283,53 ; \quad (5)$$

Pour ce qui concerne la première saison pluvieuse du régime pluviométrique bimodal, on a :

$$\text{Bouaké : } Y = -1,0951X + 198,79 ; \quad (6)$$

$$\text{Yamoussoukro : } Y = -0,9029X + 189,01 ; \quad (7)$$

$$\text{Dimbokro : } Y = -1,0787X + 201,3 ; \quad (8)$$

$$\text{Bouaflé : } Y = -1,0403X + 194,43 ; \quad (9)$$

$$\text{Tiassalé : } Y = -0,9903X + 197,28 ; \quad (10)$$

$$\text{Grand-Lahou : } Y = -1,0039X + 212,81 ; \quad (11)$$

Quant à la deuxième saison pluvieuse du régime pluviométrique bimodal, on a :

$$\text{Bouaké : } Y = -1,0784X + 326,71 ; \quad (12)$$

$$\text{Yamoussoukro : } Y = -0,8539X + 276,43 ; \quad (13)$$

$$\text{Dimbokro : } Y = -0,9884X + 309,34 ; \quad (14)$$

$$\text{Bouaflé : } Y = -1,0775X + 329,62 ; \quad (15)$$

$$\text{Tiassalé : } Y = -0,9529X + 303,8 ; \quad (16)$$

$$\text{Grand-Lahou : } Y = -0,8693X + 286. \quad (17)$$

De très fortes valeurs de coefficient de corrélation (en valeur absolue) ont été obtenues entre la date de démarrage des pluies et la durée de la saison pluvieuse. Elles varient en général entre 0,85 (Yamoussoukro) et 0,97 (Mankono, Séguéla et Bouaké) avec une moyenne de 0,93

et un écart-type de $3,4 \cdot 10^{-2}$. Ces valeurs traduisent une très forte corrélation entre le démarrage et la durée des saisons pluvieuses. Une analyse plus spécifique montre que les valeurs du coefficient de corrélation obtenues fluctuent dans le régime unimodal entre 0,94 (Boundiali) et 0,97 (Mankono et Séguéla) avec une moyenne de 0,95 (Tableau 5). En ce qui concerne la première saison pluvieuse du régime bimodal, le coefficient de corrélation va de 0,85 (Yamoussoukro) à 0,94 (Bouaflé) avec une moyenne de 0,91 (Tableau 5). Pour ce qui est de la deuxième saison pluvieuse, le coefficient de corrélation oscille entre 0,89 (Grand-Lahou) et 0,97 (Bouaké) avec une moyenne de 0,93 (Tableau 5). Les coefficients de corrélation entre

la durée et le démarrage de la saison pluvieuse du régime pluviométrique unimodal sont supérieurs en général à ceux obtenus dans les zones climatiques à régime bimodal. Au sein de la zone à régime pluviométrique bimodal, les coefficients de corrélation sont plus élevés dans la prévision de la deuxième saison pluvieuse par rapport à la première saison pluvieuse. Ces résultats montrent que la simulation de la durée de la saison pluvieuse est relativement plus précise dans le régime pluviométrique unimodal que dans les zones à régime pluviométrique bimodal. Aussi, la durée de la deuxième saison pluvieuse est mieux simulée que celle de la première saison pluvieuse dans le cadre du régime pluviométrique bimodal.

Tableau 5 : Coefficients de détermination et de corrélation des modèles linéaires.

Coefficients of determination and correlation of linear models.

	R ²		R	
	Saison 1	Saison 2	Saison 1	Saison 2
Korhogo	0,893		0,945	
Boundiali	0,878		0,937	
Mankono	0,938		0,969	
Séguéla	0,935		0,967	
Bouaké	0,846	0,940	0,920	0,969
Yamoussoukro	0,729	0,872	0,854	0,934
Dimbokro	0,785	0,889	0,886	0,943
Bouaflé	0,893	0,926	0,945	0,962
Tiassalé	0,843	0,830	0,918	0,911
Grand-Lahou	0,859	0,785	0,927	0,886

DISCUSSION

Les saisons des pluies sur lesquelles sont basées toutes les périodes d'activités agricoles sont confrontées à des anomalies caractérisées notamment par des démarrages tardifs et fins précoces et donc une réduction de leurs durées. En effet, le démarrage des pluies présente une plus forte variabilité interannuelle que la fin. Cette fluctuation du début de la saison des pluies nécessite une adaptation des activités agricoles car la connaissance des dates du début des pluies est très importante pour la planification des opérations culturales afin d'éviter les éventuels faux départs. Selon Camberlin et al. (2003), la date de démarrage des pluies a plus d'influence que la date de fin des pluies dans la variabilité du cumul pluviométrique. Quant à la «réussite» de la saison pluvieuse, elle dépend

tout autant de la précocité de son démarrage que de sa durée totale. Ce fait est d'une grande importance pour l'agriculteur car pour bien de plantes cultivées, c'est le début de la période végétative qui est la plus critique.

La prévision de la durée de la saison est un élément important qui pourrait contribuer au choix de la variété culturale. Dans le cadre de notre étude, des relations significatives ont été établies entre la date de début des pluies et la durée de la saison pluvieuse pour toutes les stations considérées. Lorsque les pluies débutent précocement, la durée de la saison pluvieuse est plus longue. A contrario, lorsque les pluies débutent tardivement, la durée de la saison pluvieuse est considérablement raccourcie. Les performances des relations établies dans le cadre de cette étude ont été comparées à d'autres travaux. Il ressort que les

travaux de Balmé *et al.* (2005) au Sahel ont révélé une forte corrélation entre la date de démarrage de la saison des pluies et la durée de la saison, quel que soit le critère ($R^2 = 0,78$; $0,81$; $0,59$; respectivement pour les critères agronomique, hydrologique et climatique). Les performances des modèles développés dans le cadre de cette étude ($R_{moyen} = 0,93$) se trouvent plus satisfaisantes que celles des modèles conçus par Balmé *et al.* (2005) ($R_{moyen} = 0,83$).

CONCLUSION

Les principaux résultats obtenus au cours de ce travail, ont permis de préciser les dates de début et de fin ainsi que les durées des saisons pluvieuses au niveau des trois types de régimes du Nord au Sud de la Côte d'Ivoire. Les résultats de la détermination des dates de début et de fin des saisons pluvieuses à partir de la méthode agronomique de Sivakumar a permis de montrer qu'en zone à régime pluviométrique unimodal, le début de la saison des pluies a lieu en moyenne dans la troisième décennie du mois de mars et le mois d'avril. Cette saison prend fin dans la première et la deuxième décennie du mois d'octobre. Elle dure en moyenne entre 175 et 197 jours. En zone à régime pluviométrique bimodal, la première saison des pluies se situe en moyenne entre la deuxième et la troisième décennie du mois de mars et s'achève dans le mois de juillet. Elle dure en moyenne 115 à 129 jours. Quant à la deuxième saison pluvieuse, il est constaté qu'elle débute en moyenne dans le mois d'août et prend fin entre la première décennie et la deuxième décennie du mois de novembre. Cette saison dure entre 56 et 74 jours. Il apparaît que la variabilité des dates de démarrage est plus forte que celle des dates de fin. Des régressions linéaires établies ont permis de prédire la durée de la saison pluvieuse avec des coefficients de corrélation variant entre 0,85 et 0,97, ce qui traduit la fiabilité des modèles développés. L'analyse de la saison des pluies dans le bassin versant du Bandama constituerait un apport non négligeable pour la détermination du calendrier agricole, notamment dans les zones rurales où l'agriculture, qui représente l'activité principale de la population, est dépendante des aléas climatiques.

REFERENCES

- Adeyi E., Badameli K.M.S., Dubreuil V. 2010. Évolution des saisons des pluies potentiellement utiles au Togo de 1950 à 2000. *Revue Climatologie*, 7, 89-107.
- Ardoin B.S., 2004. Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de l'Université de Montpellier II, France, 330 p.
- Ati O.F., Stigter C.J. et Oladipo E.O., 2002. A comparison of methods to determine the onset of the growing season in Northern Nigeria. *International Journal of Climatology*, 22, 731-742.
- Balme M., Galle S., Lebel T. 2005. Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir des données EPSAT-Niger. *Sécheresse*, 16 (1), 15-22.
- Camberlin P. 2004. *Contributions à la compréhension de la variabilité pluviométrique multi-échelle en Afrique*. HDR, CRC - Université de Bourgogne, Dijon, France, 101 pages.
- Camberlin P., Boyard Micheau J., Philippon N., Baron C., Leclerc C., Mwongera C., 2014. Climatic gradients along the windward slopes of Mount Kenya and their implication for crop risks. Part 1 : climate variability. *International Journal of Climatology*, 34 (7), 2136-2152.
- Camberlin P. et Diop M. 2003. Application of daily rainfall principal component analysis to the assessment of the rainy season characteristics in Senegal. *Climate Research*, 23, 159-169.
- Camberlin P. et Okoola R.E. 2003. The onset and cessation of the « long rains » in eastern Africa and their interannual variability. *Theoretical and Applied Climatology*, 75, 43-54.
- Camberlin P., Okoola R., Diop M., Valimba P. 2003. Identification des dates de démarrage et de fin de saison des pluies : applications à l'Afrique de l'Est et au Sénégal. *Publication de l'Association Internationale de Climatologie*, 15, 295-303.
- Dodd Des, Jolliffe It, 2001. Early detection of the start of the wet season in semiarid tropical climates of western Africa. *Int J Climatol*, 21, 1251-1262.

- Guèye M. et Sivakumar M.V.K. 1992. *Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début des pluies au Sénégal*. Rapport N° 2, 17p.
- Houndenou C. et Hernandez K., 1998. Modification de la saison pluvieuse dans l'Atakora (1961-1990). Un exemple de sécheresse au nord-est du Bénin (Afrique Occidentale). *Sécheresse*, 9, 23-34.
- Joseph P. V., Eischeid J. K. et Pyle R. J. 1994. Interannual variability of the onset of the Indian Summer Monsoon and its association with atmospheric features, El Nino, and sea surface temperatures. *Journal of Climate*, 7, 8-105.
- Kouakou K.E., Goula B.T.A., Kouassi A.M. 2012. Analyze of climate variability and change impacts on hydro-climate parameters : case study of Côte d'Ivoire. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3, 1-8.
- Kouakou K.E., Kouassi A.M., Kouadio Z.A., Zoura B.J., Goula, B.T.A. Savané I. 2017. Caractérisation des saisons des pluies dans un contexte de changement climatique : Cas du bassin versant de Sassandra (Côte d'Ivoire). *Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence*, 1 (1), 01-10.
- Kouakou K.E., Kouassi A., Kouassi A.M., Goula B.T.A. et Savané I. 2015. Caractérisation des contraintes pluviométriques sur le riz pluvial de 90 et 105 jours dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 11(5), 144-158.
- Kouassi A.M., Kouamé K.F., Yao B.K., Djè K.B., Paturel J.E., Sekouba O. 2010. Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'Zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cybergeo: European Journal of Geography*, [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 513, mis en ligne le 07 décembre 2010. URL : <http://cybergeo.revues.org/index23388.html>2010.
- Kouassi A.M., N'guessan B.T.M., Kouamé K.F., Kouamé K.A., Okaingni J.C., Biemi J. 2012. Application de la méthode des simulations croisées à l'analyse de tendances dans la relation pluie-débit à partir du modèle GR2M : cas du bassin versant du N'zi-Bandama (Côte d'Ivoire). *Comptes Rendus Géoscience*, 344, 288-296.
- Kouassi A.M., Assoko A.V.S., Djè K.B., Kouakou K.E., Kouamé K.F., Biemi J. 2017. Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest : caractérisation de la variabilité climatique récente en Côte d'Ivoire. *Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence*, 1 (2), 1-11.
- Mahaman K., Barage M., Balla A., Adam T., Yamba B. 2011. Influence des fluctuations pluviométriques sur la saison agricole dans la zone géographique de Mayahi et Aguié au Niger. *Rev. CAMES - Série A*, 12 (2), 170-175.
- Marengo J.E., Liebman B., Kousky V.E., Filizola N.P. et Wainer I.C. 2001. Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. *Journal of Climate*, 14, 833-849.
- Omotosho J.B., Balogun A.A., et Ogunjobi K. 2000. Predicting monthly and seasonal rainfall, onset and cessation of the rainy season in West Africa using only surface data. *International Journal of Climatology*, 20, 865-880.
- Ouédraogo M. 2001. *Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante : normes hydrologiques et modélisation régionale*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 257p.
- Sarr B., Kafando L. et Atta S. 2011. Identification des risques climatiques de la culture du maïs au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5 (4), 159-167.
- Servat E., Paturel J.E., Kouamé B., Travaglio M., Ouédraogo M., Boyer J.F., Lubès-Niel H., Fritsch M., Masson J.M., et Marieu B., 1998. Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et Centrale. IAHS Publication, 252, 323-337.
- Sivakumar M.V.K., Maidoukia A., STern R.D. 1993. *Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest : le Niger*. 2° Edition, Niger : ICRISAT, 108 p.
- Sivakumar M. 1988. Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*, 42 (4), 295-305.
- Sivakumar M. 1992. Empirical analysis of dry spells for agricultural applications in West Africa. *Journal of Climate*, 5 (5), 532-539.
- Sivakumar M. 2006. Climate prediction and agriculture: Current status and future challenges. *Climate Research*, 33 (1), 3-17.
- Traboulsi M. 2012. La saison pluvieuse au Proche-Orient : une tendance au raccourcissement. *Revue Climatologie*, 9, 9-29.