

## Apport des données de télédétection à l'analyse des départs et faux-départs de la saison des pluies dans la région de la marahoué (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)

Hermann Vami N'Guessan Bi<sup>1,2</sup>, Boyossoro Hélène Kouadio<sup>1,2</sup>, Jean-Osé Pehe<sup>2</sup>,  
Mahaman Bachir SAEY<sup>1,2</sup>, Kouadio AFFIAN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(Département des Sciences et Techniques de l'Eau et du Génie de l'Environnement Université Felix  
Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire)

<sup>2</sup>(Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) Université Felix  
Houphouët-Boigny, 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire)

---

**ABSTRACT:** The objective of this study is to define and determine the dates considered to be without risk of drought and the dates at risk (false start) of the rainy season. The methodology was based on Sivakumar's rainfall threshold technique to define the start of the rainy season and on an algorithm to study the false start dates through the determination of an effective first rainfall and a maximum dry sequence. The 1st rainy season is expected on average in March, between the 2nd and 3rd dekad and, between the 3rd dekad of August and the 2nd dekad of September in the 2nd season. The dates of false start are more frequent at the beginning of the season, during the months of March, August and September. Specifically, between the 9th week and the 14th week of the year (1st season) and between weeks 32 and 36 during the 2nd season. Finally, the cartographic analysis highlighted two zones with different climates. A more humid zone (south and southwest). A drier zone in the east and north of the region. This spatial configuration can help to diversify the crops and guide the farmers on the choice of the most adapted plant material.

**KEYWORDS:** Sivakumar, rainy season, kriging, Marahoue, Ivory Coast

---

Date of Submission: 08-12-2021

Date of Acceptance: 23-12-2021

---

### I. INTRODUCTION

Depuis la fin des années 1960, la côte d'ivoire comme l'ensemble des pays d'Afrique subsaharienne connaît une modification importante de son régime pluviométrique [1-3]. Cette modification se caractérise par une diminution des hauteurs d'eau précipitées de l'ordre de 20 % à 30 % avec un raccourcissement des saisons [4]. Cependant, la décennie 2000 a été marquée par un retour à la normale de la pluviométrie, suivie d'importantes irrégularités dans la distribution et la fréquence des précipitations durant les mois humides. Les conséquences qui en découlent sont dommageables pour l'environnement [3], [5] et pour divers secteurs d'activités économiques notamment l'agriculture. En effet, ce secteur représente 28% du PIB et 40% des exportations du pays. Il emploie 46% des actifs et permet à deux tiers de la population de vivre [6]. Cependant, les systèmes de productions agricoles en Côte d'ivoire sont essentiellement pluviaux et plus vulnérables à l'incidence des changements climatiques sur les précipitations et ses paramètres intrinsèques. Ces variations sont perceptibles à diverses échelles. Notamment à l'échelle intra-saisonnière, où elles se traduisent par une grande variabilité des indicateurs relatifs à la caractérisation des saisons de pluie, appelés descripteurs intrasaisonniers (DIS).

À l'instar des régions de la Côte d'ivoire, les régions du centre-ouest (Marahoué) ont connu une réduction de la saison de croissance de 30 jours [7], de 1951 à 2000, induite par l'occurrence des dates de démarrages tardifs et de fins précoces. Par conséquent, se pose de sérieux problèmes de manque d'eau dans la région [8] pour les plantations. En outre l'occurrence de longues pauses pluviométriques suite à un démarrage potentiel des saisons de pluies appelé faux-départ de saison (FD) entraîne un stress hydrique pouvant provoquer l'assèchement de la terre arable. Et empêcher la germination ou l'émergence de plantules [9] ou parfois l'avortement des semis.

Face à ces difficultés, les agriculteurs sont alors obligés de replanter ou de repiquer une partie des plants perdus [10], [11]. En effet, les nouvelles conditions climatiques et pluviométriques exposent l'agriculture à des problèmes tels que: la perturbation du cycle des cultures agricoles, les pertes de semences, la réduction du rendement. Il est donc important d'améliorer les connaissances sur la répartition des précipitations à l'intérieur des saisons de pluie. En vue de proposer aux populations et aux décideurs des mesures d'atténuation ou

d'adaptation en matière de gestion de l'eau et de planification agricole. La présente étude propose donc de contribuer à une meilleure compréhension de la distribution intra-saisonnière des dates de départ des saisons de pluies et l'occurrence des faux- départs des saisons de pluies dans la région de la Marahoué sur la chronique 1981-2019. Il s'agit de définir et déterminer l'occurrence des dates de départs effectives et les dates de faux départs des saisons de pluies. Ensuite réaliser une analyse spatio-temporelle de l'occurrence des saisons de pluies sur la base des dates réelles de départs des saisons de pluies.

## II. DONNÉES ET MÉTHODES

### 2.1. Zone d'étude

La Région de la Marahoué est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 6°00 et 8°00 Nord et les longitudes 5°15 et 6°30 Ouest. Elle est ainsi nommée en raison de la rivière du même nom qui la draine. La superficie est de 9 092,48 km<sup>2</sup> répartie entre différents départements: le département de Bouaflé (4222,48 km<sup>2</sup>), le département de Zuénoula (3252 km<sup>2</sup>) et le département de Sinfra (1618 km<sup>2</sup>) Fig 1.

La population de la Marahoué est estimée à 862.344 habitants pour une densité moyenne de 94,57 habitants/km<sup>2</sup> [12] et répartie entre les départements comme suit: Le département de Bouaflé le plus peuplé (47%) suivi du département de Sinfra (28%) et le département le moins peuplé Zuénoula avec 25% des parts de la population totale.

Le Climat est de type tropical humide de transition, caractérisé par deux (02) grandes saisons alternées par deux (02) petites. La grande saison pluvieuse de mi-mars à mi-Juillet caractérisée par d'abondantes et fréquentes pluies, est suivie de la petite saison sèche, de mi-juillet à mi-septembre, caractérisée par une baisse quantitative des précipitations. La petite saison pluvieuse de mi-septembre à novembre est caractérisée par de lentes formations nuageuses cumuliformes. La grande saison sèche de novembre à mi-mars est caractérisée par des fréquents brouillards en matinée. Les précipitations varient entre 1200 et 1800 mm/an au sud, 1100 et 1600mm/an au nord. Mais sont erratiques et la température moyenne annuelle varie entre 25- 30°Celsius. Les mois les plus pluvieux sont Mars, Avril, Mai, Juin, Septembre et Octobre. La climatologie en général y est favorable pour les activités agricoles.

L'agriculture extensive et itinérante, ajoutée à l'exploitation forestière sont les activités économique dominantes. Également, l'agriculture vivrière est très développée, les activités annexes à l'agriculture exercées sont le commerce, le tourisme avec de nombreux opportunités touristiques tels que le parc national de la Marahoué.

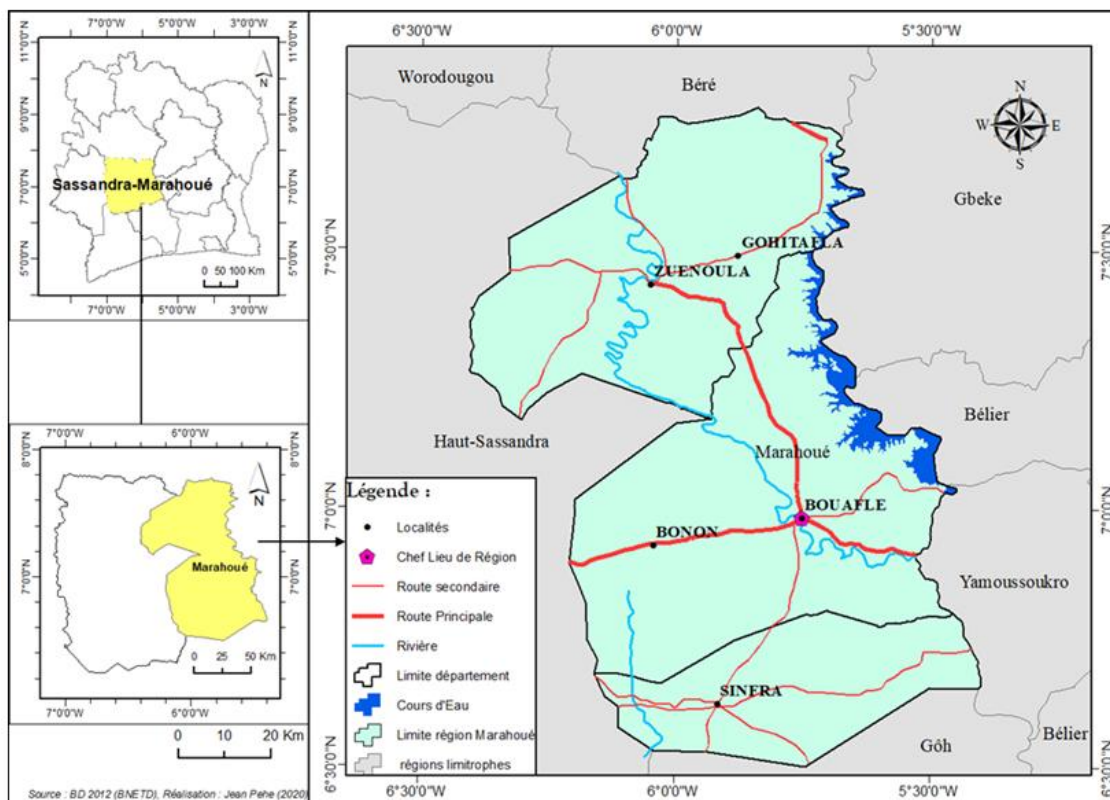


Figure 1: Situation géographique de la région de la Marahoué (centre-ouest de la Côte d'Ivoire)

## **2.2. Base de données**

La base de données utilisée est essentiellement composée de données pluviométriques issues de deux sources de données. Il s'agit:

- Données de pluies journalières quadrillées issues de la base de données CHIRPS (climate hazards group infrared with stations) de grille  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ , qui couvrent la chronique 1981-2019. Elles ont servi à l'estimation des paramètres relatifs à la saison des pluies. Les données CHIRPS sont téléchargeables gratuitement à la bibliothèque de données de l'Institut international de recherche (IRI) : <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/UCSB/>
- Données de pluies journalières in situ, issues de la SODEXAM, ont servi à la validation des données pluviométriques satellitaires. Les stations météorologiques de Zuénoula (1972-2000), de Bouaflé (1940-2000) et de Sinfra (1966 - 2000) ont servi de référence.

## **2.3. Matériel**

Quatre (4) logiciels ont été utilisés pour le traitement des données.

- InStat+v3.36: Logiciel d'hydro-statistique. Il a permis le calcul des paramètres de la saison des pluies à savoir les dates de départs, de fin et les séquences sèches;
- ArcGis 10.5: logiciel de SIG. Il a servi à réaliser des cartes thématiques et des cartes d'interpolation.
- XLSTAT 2020: complément du logiciel Excel utile pour l'analyse des données. Il a été utilisé pour l'analyse statistique descriptive et exploratoire des résultats du modèle InStat+v3.36.

## **2.4. Méthodes**

### **2.4.1. Méthode des seuils pluviométriques (définition des dates de départs)**

Le départ de la saison des pluies tient compte des considérations subjectives, qui sont d'ordre hydrologique, climatologique ou agronomique [10]. De ce fait, la notion de saison des pluies diffère selon les disciplines et les spécialités. La définition des critères de départ de la saison des pluies dans cette étude tient compte des considérations agronomiques. Selon [13-16]; [9] trois critères permettent de définir le départ de la saison des pluies:

- L'occurrence d'une séquence humide de  $n$  jours recevant,
- Une quantité de pluie de  $x$  mm sans enregistrer dans une période de  $k$  jours qui suivent,
- Une séquence sèche de  $k$  jours critique pour la survie des semis.

Ainsi selon [14], au sud du Soudan et du Niger, le début de la saison des pluies est prévu après le 1<sup>er</sup> mai lorsque 20 mm de pluie sont recueillis en trois (3) jours consécutifs, sans période sèche supérieure ou égale à sept (7) jours dans les trente (30) jours qui suivent. À l'échelle de la Côte d'Ivoire plusieurs études [7], [17-20] ont repris et adapté les paramètres susmentionnés au contexte ivoirien. Les critères standardisés en Côte d'Ivoire par [7] sont:

- séquence humide nécessaire de 2 jours,
- seuil pluviométrique requis correspond à 20 mm,
- séquence sèche inférieure ou égale à 7 jours suivis,
- une période de contrôle ( $k$ ) de 30 jours.

En effet, 20 mm de pluie est la quantité d'eau théorique nécessaire à la germination d'une plante annuelle. Dans la région de la Marahoué le départ de la saison est donc prévu:

- Le jour suivant le 1<sup>er</sup> mars (1<sup>ère</sup> saison) et le 15 Aout (2<sup>ème</sup> saison),
- lorsqu'un cumul d'au moins vingt (20) mm de pluie est enregistré,
- pendant 2 jours consécutifs sans qu'il y ait,
- un épisode sec de plus de sept (7) jours,
- dans les trente (30) jours qui suivent.

Quant à la fin de la saison, elle intervient lorsque le stock d'eau dans le sol est inférieur ou égal à une valeur seuil de 0.5 mm [21]. La fin de la saison des pluies (FSP) intervient après le 1<sup>er</sup> Juillet (1<sup>ère</sup> saison) et le 1<sup>er</sup> Octobre (2<sup>ème</sup> saison) lorsque le bilan hydrique atteint une valeur seuil inférieure ou égale à 0.5 mm. La longueur de la saison des pluies (LSP) correspond à la différence entre les dates de départs et de fin de la saison des pluies ainsi:  $LSP = FSP - DDS$ .

### **2.4.2. Analyse des séquences sèches maximales**

Un jour sans pluie (sec) est un jour qui enregistre un cumul journalier  $\geq$  à 1 mm d'eau. Ainsi une séquence sèche correspond à une période de jours secs consécutifs situés entre deux événements pluvieux, appelée épisode de sécheresse ou séquence sèche [22]. Dans le cadre de cette étude les périodes de sécheresses supérieures à 7 jours (SS7), 10 jours (SS10), 15 jours (SS15) et 20 jours (SS20) au cours des mois humides

(Mars, Avril, Mai, Juin, Aout, septembre et Octobre) ont été déterminer sur la base de jour sec consécutifs et générés à partir du logiciel Instat+ v3.36.

### 2.4.3. Analyse des dates de faux-départs de saison des pluies

La prévisibilité d'un évènement de faux-départ de saison (FD) implique deux évènements liés à la pluie en début de saison :

- Une première pluie efficace capable de déclencher la saison des pluies et,
- Une séquence sèche maximale [23].

Dans la région de la Marahoué, la prévisibilité de faux-départ s'est fait à partir d'un algorithme selon les critères sus-mentionner, ainsi il y'a faux-départ de saison lorsque :

- Une 1<sup>ère</sup> pluie efficace de 20 mm est enregistrée après le 1<sup>er</sup> Mars (1<sup>ère</sup> saison) et le 15 Août (2<sup>ème</sup> saison) et suivi d'un,
- épisode de séquence sèche supérieur à sept (7) jours dans les 30 jours suivant le départ potentiel.

Les traitements ont été effectués sous le logiciel INSTAT+v3.36 développé par [24] qui permet de générer les paramètres susmentionnés.

**Tableau 1:** récapitulatif des variables de la saison des pluies

Acronymes	Noms	Définition	Unités
(DSP)	Départ de la saison des pluies	Démarrage effective des averses pluviométriques	Jours Julien
(FSP)	Fin de la saison des pluies	Arrêt des précipitations	Jours Julien
(Cum)	Cumul de la saison des pluies	Quantité de précipitation tombée entre le départ et la fin de la saison des pluies	mm
LSP	Longueur de la saison des pluies	Durée de la saison des pluies	jours
(SS7)	Séquence sèche de durée > 7 jours	Arrêt spontané des précipitation pendant 7 jours	jours
(SS10)	Séquence sèche de durée ≥ 10 jours	Arrêt spontané des précipitation pendant au moins 10 jours	jours
(SS15)	Séquence sèche de durée ≥ 15 jours	Arrêt spontané des précipitation pendant au moins 15 jours	jours
(SS20)	Séquence sèche de durée ≥ 20 jours	Arrêt spontané des précipitation pendant au moins 20 jours	jours
(FD)	Faux départ de la saison des pluies	Démarrage potentiel suivi d'arrêt brusque de la saison des pluies	Jours julien

### 2.4.4. Analyse statistique des variables pluviométriques

#### 2.4.4.1. Méthode des percentiles

Un centile ou percentile est chacune des 99 valeurs qui divisent les données triées en 100 parts égales, de sorte que chaque partie représente 1/100 de l'échantillon de population. Les valeurs des dates de départs, de fin, de longueur et les cumuls moyens annuels de chaque année et de chaque station obtenue ont été interprété à partir de l'ordre suivant :

- ❖ *Percentile 10% (P10): dates anticipées, durée minimale,*
- ❖ *Percentile 50% (P50): dates médianes du départ ou de la fin de la saison, valeur médiane de la longueur de la saison*
- ❖ *Percentile 90% (P90): dates tardives, longueur maximale de la saison des pluies.*

#### 2.4.4.2. Analyse du niveau de risque de faux-départs de la saison des pluies

La différence entre les dates de départs et les dates de faux départs constitue le risque d'occurrence de faux-départ de la saison. Les dates de faux départs ont subi une analyse fréquentielle et les niveaux de risques potentiels des faux départs ont été évalués sur la période d'étude à partir de l'expression suivante :

$$Nr = \frac{(DDS - FD)}{DDS} \times 100 \quad (1)$$

Avec :

*Nr* : Niveau de risque exprimé en pourcentage (%) ;

*DDS* : date de départ ;

*FD* : date de faux départ.

### 2.4.4.3. Analyse géostatistique (krigeage ordinaire)

Le krigage est une méthode d'interpolation spatiale stochastique qui tient compte à la fois de la configuration géométrique des points observés et de la structure spatiale propre à la variable estimée.

La méthode, en général, se construit en 5 temps:

- l'analyse exploratoire (c'est à dire la visualisation des données);
- le choix du type de krigage;
- l'analyse dite variographique [25] c'est-à-dire l'estimation du variogramme; sa modélisation et le choix d'un modèle;
- la réalisation des interpolations;
- l'évaluation de la qualité des estimations le plus souvent par une validation croisée. La formule générale consiste en une somme pondérée des données:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (2)$$

Avec:

$Z(s_i)$  = valeur mesurée à l'emplacement  $i$ ,

$\lambda_i$  = pondération inconnue de la valeur relevée à l'emplacement  $i$ ,

$s_0$  = emplacement de prévision,

$N$  = nombre de valeurs relevées.

## III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Occurrence des dates de départ, de fin et la durée de la saison des pluies.

#### 3.1.1. Au cours de la 1<sup>ère</sup> saison des pluies

L'occurrence des dates de départ et de fin de la saison des pluies varie d'un département à un autre sur l'ensemble de la région de la Marahoué. Le Tableau 2 montre l'occurrence des dates de démarrage et de fin de la saison des pluies à l'échelle des départements de Sinfra, Bouaflé et Zuénoula.

**Tableau 2:** Occurrence des dates de départ et de fin de la 1<sup>ère</sup> saison des pluies

Départements	Minimum	10%	Moyenne	50%	90%	Maximum	Écart-type
<b>Dates de Départs de la première saison des pluies (DDS 1)</b>							
<b>Sinfra</b>	1-mars	2-mars	17-mars	18-mars	3-avr.	21-avr.	12
<b>Bouaflé</b>	1-mars	2-mars	23-mars	22-mars	27-avr.	12-mai	18
<b>Zuénoula</b>	2-mars	4-mars	21-mars	22-mars	8-avr.	20-avr.	13
<b>Dates de Fins de la première saison des pluies (FSP 1)</b>							
<b>Sinfra</b>	1-juil.	1-juil.	24-juil.	26-juil.	13-août	31-août	17
<b>Bouaflé</b>	1-juil.	1-juil.	11-juil.	5-juil.	3-sept.	3-sept.	15
<b>Zuénoula</b>	1-juil.	1-juil.	11-juil.	8-juil.	30-juil.	6-août	11

Sur l'ensemble de la région de la Marahoué, la saison des pluies débute en moyenne au cours du mois de mars. En effet toutes les dates médianes oscillent entre le 18 Mars (2<sup>ème</sup> décade) à Sinfra et le 22 Mars (3<sup>ème</sup> décade) à Bouaflé et à Zuénoula. Toutes les dates de départ anticipées ou précoces sont enregistrées durant la 1<sup>ère</sup> décade du mois de mars. En outre les dates tardives ou retardées sont comprises entre le mois d'Avril et de Mai. Précisément entre le 3 et le 21 avril à Sinfra, le 27 avril et le 15 Mai à Bouaflé et entre le 8-20 Avril à Zuénoula. Cependant, les écarts de jours entre les valeurs minimales et maximales des dates de départs sont de 12 à 18 jours. En d'autre terme la saison des pluies s'installe dans un délai de deux (2) semaines autour de la date moyenne.

La fin de la saison des pluies se signale tout au long du mois de juillet. Précisément entre le 26 juillet (Sinfra) et le 5-8 juillet (Bouaflé et Zuénoula). Avec des écarts de jours qui varient entre 11 et 17 jours. La saison des pluies prend fin plutôt dans le département de Bouaflé et fini tardivement à Sinfra qui est plus au sud de la région de la Marahoué.

En définitive les dates de départs effectives sont connues entre la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> décade du mois de Mars selon les départements. Les dates de fin sont enregistrées en juillet. Et les écarts de jours montrent que la saison débute ou prend fin dans un délai de deux (2) semaines autour de la date médiane.

### 3.1.2. Au cours de la 2<sup>ème</sup> saison des pluies

Le tableau 3 présente l'occurrence des dates de départs et de fin de la 2<sup>ème</sup> saison des pluies dans les départements de la région de la Marahoué.

**Tableau 3:** Occurrence des dates de départ et de fin de la 2<sup>ème</sup> saison des pluies

Départements	Minimum	10%	Moyenne	50%	90%	Maximum	Écart-type
<b>Dates de Départs de la deuxième saison des pluies (DDS 2)</b>							
Sinfra	1-août	9-août	3-sept.	30-août	30-sept.	30-oct.	21
Bouaflé	15-août	15-août	2-sept.	31-août	25-sept.	4-oct.	15
Zuénoula	1-août	15-août	25-août	26-août	17-sept.	12-oct.	18
<b>Dates de Fin de la deuxième saison des pluies (FSP 2)</b>							
Sinfra	15-oct.	19-oct.	14-nov.	14-nov.	1-déc.	16-déc.	14
Bouaflé	1-oct.	11-oct.	9-nov.	13-nov.	24-nov.	26-nov.	16
Zuénoula	1-oct.	1-oct.	2-nov.	8-nov.	19-nov.	25-nov.	16

En moyenne elle démarre entre la 3<sup>ème</sup> décade du mois d'août et la 1<sup>ère</sup> décade du mois de septembre. Toutes les dates de départs anticipées sont enregistrées en août et oscillent entre le 1<sup>er</sup> et 9 août (Sinfra), le 15 août (Bouaflé), le 1 et 15 août (Zuénoula). Cependant les dates de départs tardives sont enregistrées le 17, 25 et le 30 septembre respectivement à Zuénoula, Bouaflé et Sinfra. Avec des écarts de jours de 15 à 21 jours selon les localités, soit trois (3) à deux (2) semaines. Quant aux dates de fin elles s'installent en moyenne en novembre entre la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> décade. Les dates anticipées sont toutes enregistrées en octobre. En outre les dates de fin tardives oscillent entre le 19 novembre et le 1<sup>er</sup> décembre.

Au regard des valeurs des écarts de jours, les dates de départ varient plus avec des écarts à la moyenne comprise entre 18 et 21 jours par rapport aux dates de fin de saison (écarts de 14 à 16 jours) (Tableau III). Les paramètres analysés montrent une grande variabilité de l'installation de la seconde saison des pluies par rapport à la première saison. En outre, que ce soit en 1<sup>ère</sup> ou 2<sup>ème</sup> saison des pluies les dates de départ varient plus que les dates de fin des saisons de pluie dans la région de la Marahoué.

### 3.1.3. Longueurs des saisons de pluie

Le Tableau 4 ci-dessous résume l'occurrence des longueurs des saisons de pluies dans la région de la Marahoué. Ces valeurs montrent la différence de durée entre la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> saison des pluies.

Départements	Minimum	10%	Moyenne	50%	90%	Maximum	Écart-type
<b>Longueur de la première saison des pluies (LSP 1)</b>							
Sinfra	85	98	128	126	155	166	20
Bouaflé	56	70	109	111	165	165	25
Zuénoula	84	86	111	110	136	154	18
<b>Longueur de la deuxième saison des pluies (LSP 2)</b>							
Sinfra	25	29	72	73	104	126	28
Bouaflé	27	36	70	75	98	98	21
Zuénoula	21	35	71	69	92	104	23

**Tableau 4:** Occurrence de la durée de la saison des pluies

La 1<sup>ère</sup> saison des pluies dure en moyenne 111 à 128 jours (3 à 4 mois) avec des écarts de 18 à 25 jours. Les durées minimales oscillent entre 85 et 98 jours (Sinfra), 56 et 70 jours (Bouaflé), entre 84 et 86 jours (Zuénoula). Par contre les durées maximales oscillent entre 155-166 jours (Sinfra), de 165 jours à Bouaflé et entre 136-154 jours (Zuénoula). Cependant en seconde saison les longueurs moyennes oscillent entre 70 et 72

jours (2 mois) avec des écart-types de 21 à 28 jours. Les longueurs minimales sont comprises entre 25 et 29 jours (Sinfra), 27 et 36 jours (Bouaflé), entre 21 et 35 jours à Zuénoula. Les longueurs maximales oscillent entre 104-126 jours (Sinfra), de 98 jours (Bouaflé) et entre 92-104 jours (Zuénoula).

Les valeurs des écarts-types montrent une variation plus importante de la longueur de la seconde saison des pluies par rapport à celle de la première saison des pluies. En effet la seconde saison des pluies est plus instable du faite de la variation assez importante des dates d'installation de la pluie. Cette instabilité influence énormément le choix des agriculteurs au cours de cette période de croissance.

### 3.1.4. Cumul pluviométrique moyen annuel (Cum)

Le cumul pluviométrique annuel est l'un des déterminant de la nature du régime pluviométrique saisonnier. Les valeurs du cumul moyen annuel sont consignées dans le Tableau 5.

**Tableau 5:** Variation moyenne annuelle du cumul pluviométrique

Départements	Minimum	10%	Moyenne	50%	90%	Maximum
Sinfra	961	1101	1304	1295	1537	1677
Bouaflé	732	936	1135	1114	1356	1481
Zuénoula	706	909	1104	1096	1289	1467

Les valeurs moyennes annuelles du cumul pluviométrique varient entre 1304 mm et 1104 mm par an dans la région de la Marahoué. Le département de Zuénoula enregistre la valeur de cumul annuel la plus faible (1104 mm/an) par rapport au département de Sinfra (1304mm/an) et de Bouaflé (1135mm/an). Ces valeurs démontrent une évolution décroissante du cumul pluviométrique moyen suivant le gradient Nord-Sud dans la région de la Marahoué. En effet dans le département de Zuénoula (au nord) les valeurs du cumul sont comprises entre 706 et 1467mm/an, à Bouaflé (au centre) entre 732 et 1481mm/an et enfin à Sinfra (au sud) les valeurs du cumul oscillent entre 961 et 1677mm/an.

### 3.2. Occurrence des Séquences maximales durant les mois Humides (Mars, Avril, Mai, Juin, Août, Septembre et Octobre)

La Figure 2 met en évidence la fréquence d'apparition des séquences sèches maximales supérieurs à 7 jours, à 10 jours, à 15 jours et à 20 jours dans les départements de Sinfra, Zuénoula et Bouaflé.

Les fréquences d'occurrence des séquences sèches supérieures à 7 jours (SS7) et 10 jours (SS10) sont plus importantes que les valeurs de fréquence des séquences sèches maximales de 15 jours (SS15) et de 20 jours (SS20) dans tous les départements de la Marahoué. À Bouaflé, on enregistre 35% d'apparition des SS7, soit 14 années sur 39 observées ont connu des épisodes de séquences sèches au cours du Mois de Mars, 33% en Août et 79% en septembre pour une augmentation de 4,30% par année (figure 2B). Au sud de la région de la Marahoué (Sinfra) ce sont les mois d'août et de septembre qui enregistrent les fortes fréquences d'occurrences des séquences sèches supérieur à 7 jours (SS7), soit 84% en Août et 33% en Septembre avec une augmentation de 7,69% (figure 2A). Quant au département de Zuénoula (au Nord) la fréquence d'occurrence des SS7 est de 30,76 % en mars, 74,35% en août et 28,20% en septembre avec un taux d'accroissement annuel de 5,12% (figure 2C). En outre, les droites de tendance montrent une évolution croissante de l'occurrence de ces événements dans tous les départements. Et surtout en début de saison qu'en fin de saison des pluies.

En effet, ces mois (Mars, Août et septembre) sont les plus sensibles aux risques potentiels de faux-départs de la saison des pluies surtout en mars et en août. En outre la seconde saison des pluies est plus sujette à l'occurrence de ses événements par rapport à la première saison au regard du pourcentage des fréquences d'occurrence.

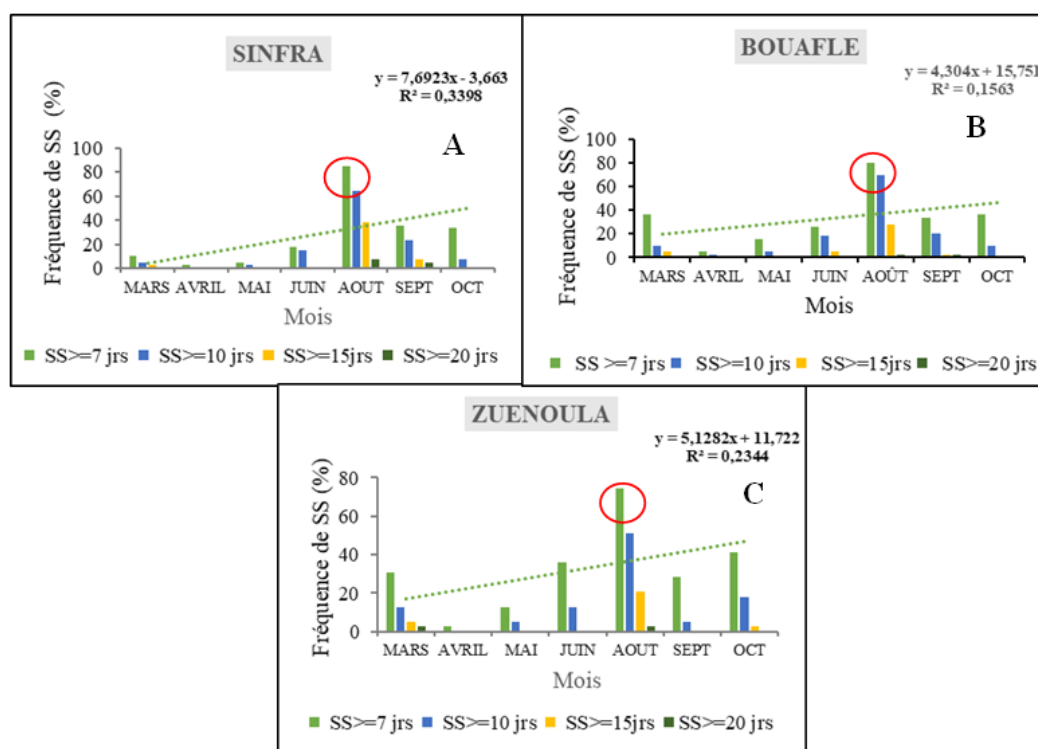


Figure 2: Évolution des séquences sèches maximales (SS) pendant les mois humides

### 3.3. Occurrence des Dates de faux-départs (FD) des saisons de pluie dans la région de la Marahoué

Les évènements à faux-départ de saison de pluies sont consignés dans le Tableau 6.

Tableau 6: Année à faux-départs des saisons de pluie dans la région de la Marahoué

Localités	1ère saison			2ème saison		
	Semaine	Année à FD (1981-2019)	% FD	Semaine	Année à FD (1981-2019)	% FD
Sinfra	[9-13]	1983, 1997, 2004	7.69 %	[32-35]	1981, 1982, 1983, 1989, 1990, 1991, 1994, 1996, 1997, 2001, 2002, 2005, 2009, 2012, 2016	38.46 %
Bouaflé	[9-14]	1998, 2003, 2004, 2010, 2012	10.25 %	[32-36]	1981, 1982, 1983, 1988, 1990, 1994, 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2010, 2012, 2015, 2016	46.15 %
Zuénoula	[9-14]	1984, 1987, 1998, 2004, 2010, 2012, 2016	17.98 %	[32-36]	1981, 1982, 1983, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 2003, 2004, 2005, 2012, 2013, 2015	35.89 %

Les dates à faux-départs ont une occurrence plus marquée en seconde saison qu'en première saison des pluies dans toute la région de la Marahoué. Le pourcentage d'années à faux-départs (FD) varie entre (35.89% - 46.15%) en 2ème saison et entre (7.69% - 17.98%) en 1ère saison. En effet, les faux-départs interviennent en 1ère saison entre la 9ème et la 14ème semaine de l'année, c'est-à-dire la période comprise entre la 1ère semaine du mois de mars et la 1ère semaine du mois d'avril. Par contre en seconde saison ils apparaissent entre la 32ème et la 36ème semaine de l'année, c'est-à-dire la séquence comprise entre la 2ème semaine du mois d'août et la 1ère semaine du mois de septembre. La seconde saison des pluies est la période la plus exposée au risque de faux-départ et donc plus favorable aux erreurs de plantation dans la région de la Marahoué. Cependant le phénomène est plus marqué dans le département de Bouaflé avec 46,15% d'année à faux-départs en 2ème saison des pluies par rapport au département de Sinfra (38,46%), de Zuénoula (35,89%).



### 3.4. Évolution du niveau de risque des dates de faux-départs

#### 3.4.1. Niveau de risque de faux-départ en 1<sup>ère</sup> saison des pluies

La figure 3 résume le niveau de risque d'occurrence des dates à faux-départs à partir du rapport entre les dates à départs et les dates à faux-départ pendant la 1<sup>ère</sup> saison des pluies dans la région de la Marahoué. En général, le niveau de risque d'apparition des dates à faux-départ pendant la 1<sup>ère</sup> saison varie d'un département à un autre. De 1981-2019, le niveau de risque des années à faux-départs a légèrement baissé à Sinfra (-0.07%), par contre dans les départements de Bouaflé et de Zuénoula, les dates à faux-départs augmentent légèrement (figure 3). Les années à risque de faux-départ ont augmenté pendant les deux dernières décennies 2000-2010 et 2011-2019 (fig. 3). Et les années 1983, 1998, 2004, 2015, 2016, 2017 enregistrent de dates de faux départs de manière récurrente que ce soit à Sinfra le niveau de risque est plus important en 2004 (26, 19%), à Bouaflé en 2010 (42, 5%) et à Zuénoula en 2004 (33,33%). Ces résultats montrent une probable augmentation des risques agroclimatiques liés à ces événements dans la région de la Marahoué.

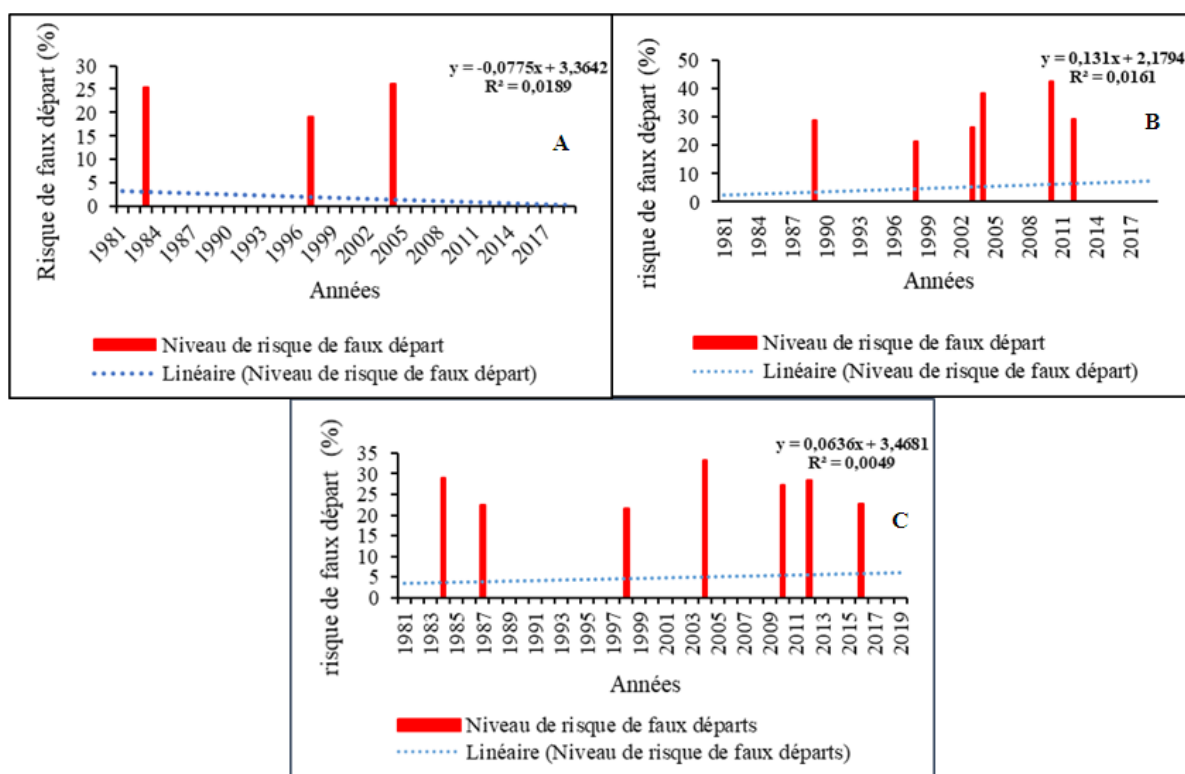


Figure 3: Niveau de risque de Faux-départ de la 1<sup>ère</sup> saison des pluies

#### 3.4.2. Niveau de risque de faux-départ en seconde saison des pluies

Pendant la 2<sup>ème</sup> saison des pluies, le niveau de risque d'occurrence des dates à faux-départs baisse légèrement dans toute la région de la Marahoué. Dans le département de Sinfra le niveau baisse de -0.003% (Figure 4a), à Bouaflé de -0.1% (figure 4b) et dans le département Zuénoula de -0.05% (figure 4c). En effet, les années avec des niveaux de risques de dates à faux-départs ont baissée pendant les décennies 2000-2019. Dans le département de Bouaflé sur 13 années avec des dates à faux-départs, seulement 5 sont enregistrées pendant les deux dernières décennies 2000-2010 et 2010-2019 (figure 4b). Egalement à Zuénoula, on enregistre 6 années sur 13 années (figure 4c) et à Sinfra 4 sur 12 années ont enregistré un niveau de risque à faux-départs de saison des pluies pendant la période 2000-2019.

Cependant, la 2<sup>ème</sup> saison des pluies enregistre plus d'années à risque de faux-départs que la 1<sup>ère</sup> saison des pluies. En 1<sup>ère</sup> saison des pluies, le niveau de risque moyen est de 25% et en 2<sup>ème</sup> saison des pluies de 10%. Le niveau de risque d'apparition des dates à faux-départs est plus important en 1<sup>ère</sup> saison qu'en 2<sup>ème</sup> saison des pluies dans la région de la Marahoué. Cependant les années à faux-départs sont plus fréquentes en 2<sup>ème</sup> saison des pluies.

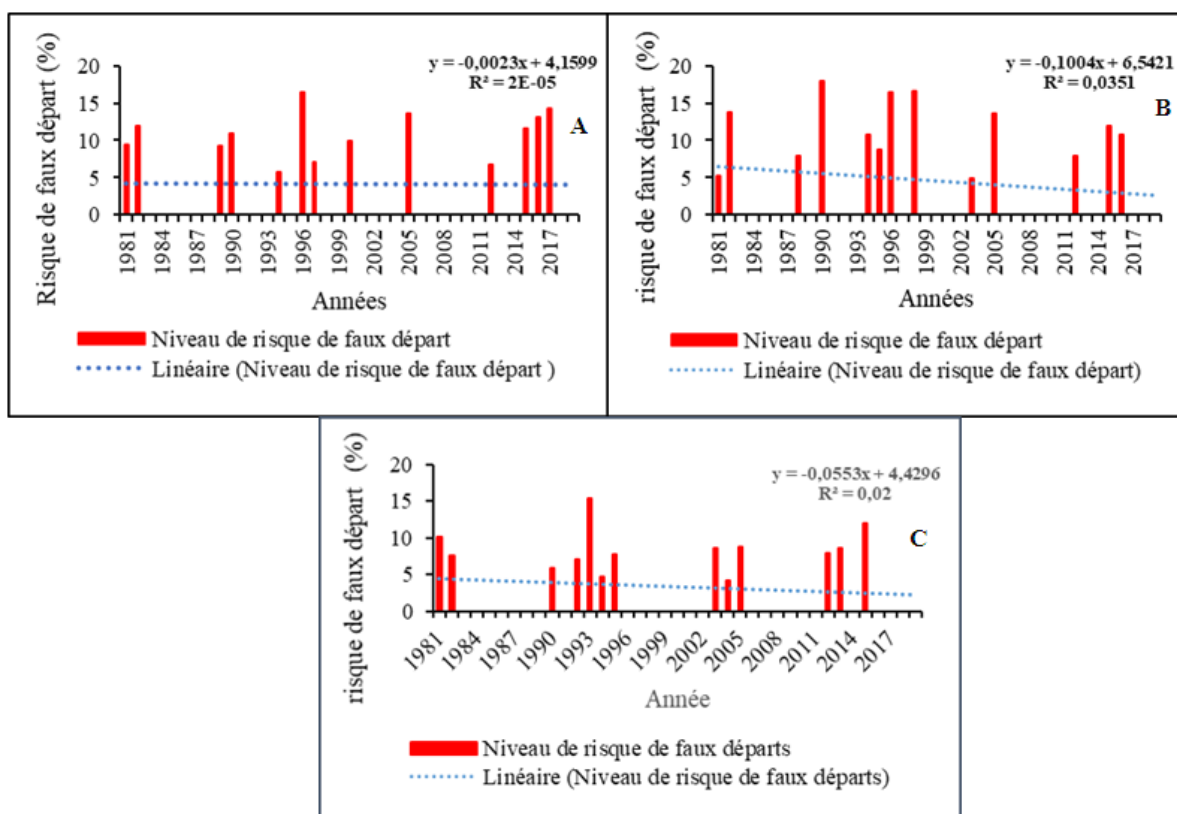


Figure 4: niveau de risque de faux-départ de la 2ème saison des pluies

### 3.5. Variabilité spatio-temporelle des paramètres de la saison des pluies

L'analyse spatio-temporelle des paramètres relatifs à la saison des pluies s'est fait suivant deux périodes, de 1981 à 2000 et de 2001 à 2019. Les résultats sont illustrés par les figures 3, 4, et 5.

#### 3.5.1. Dates de départ des saisons de pluie

Les dates de départ des saisons évoluent selon un gradient longitudinal Nord-Sud dans la région de la Marahoué. En effet, la 1<sup>ère</sup> saison des pluies s'installe plus tôt au sud de la région, dans les localités de Sinfra, Bonon et Bouaflé au cours du mois de mars. En outre, au nord dans les localités de Zuénoula et Gohitafla le démarrage est plus tardif (en Avril) (Fig. 5).

Cependant, au cours de la 2<sup>ème</sup> saison des pluies, elle s'installe plus tôt au Nord (3<sup>ème</sup> décade d'août) par rapport au sud (mois de septembre) de la région. L'analyse de l'évolution temporelle des dates de départ met en évidence un retard de trois (3) jours des dates en 1<sup>ère</sup> saison des pluies les périodes 1981-2000 et 2001-2019. En 2<sup>ème</sup> saison les dates tendent vers la précocité, soit une avance de 2 jours.

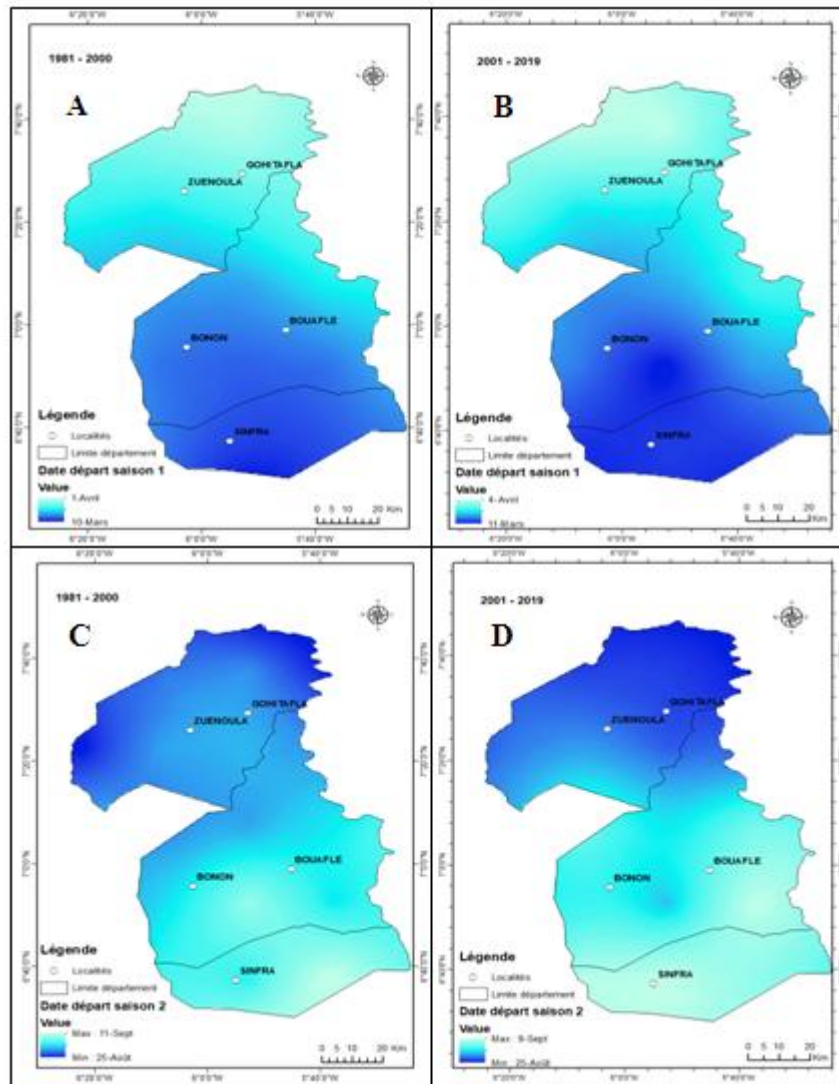


Figure 5: Variation spatio-temporelle de dates de départ des saisons 1 et 2

### 3.5.2. Dates de départ de fin des saisons de pluie

Les dates de fin des saisons sont illustrées par la figure 6, que ce soit en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> saison. L'évolution spatiale des dates de fin des saisons de pluie met en évidence que ce soit 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> saison des pluies des dates tardives au sud de la région et des dates précoces au nord. En effet, les saisons s'achèvent plus tôt au nord, 1<sup>ère</sup> saison en juillet et en 2<sup>ème</sup> saison en octobre (figure 6c et 6d) qu'au sud en 1<sup>ère</sup> saison (en août) et en 2<sup>ème</sup> saison en Novembre (figure 6a et 6b). L'analyse de l'évolution temporelle montre qu'en 1<sup>ère</sup> saison les dates de fin deviennent de plus en plus précoces. La 1<sup>ère</sup> saison prend fin avec une avance de 7 jours. Par contre en 2<sup>ème</sup> saison, elle finit plus tardivement, soit un retard de 15 jours (deux semaines).

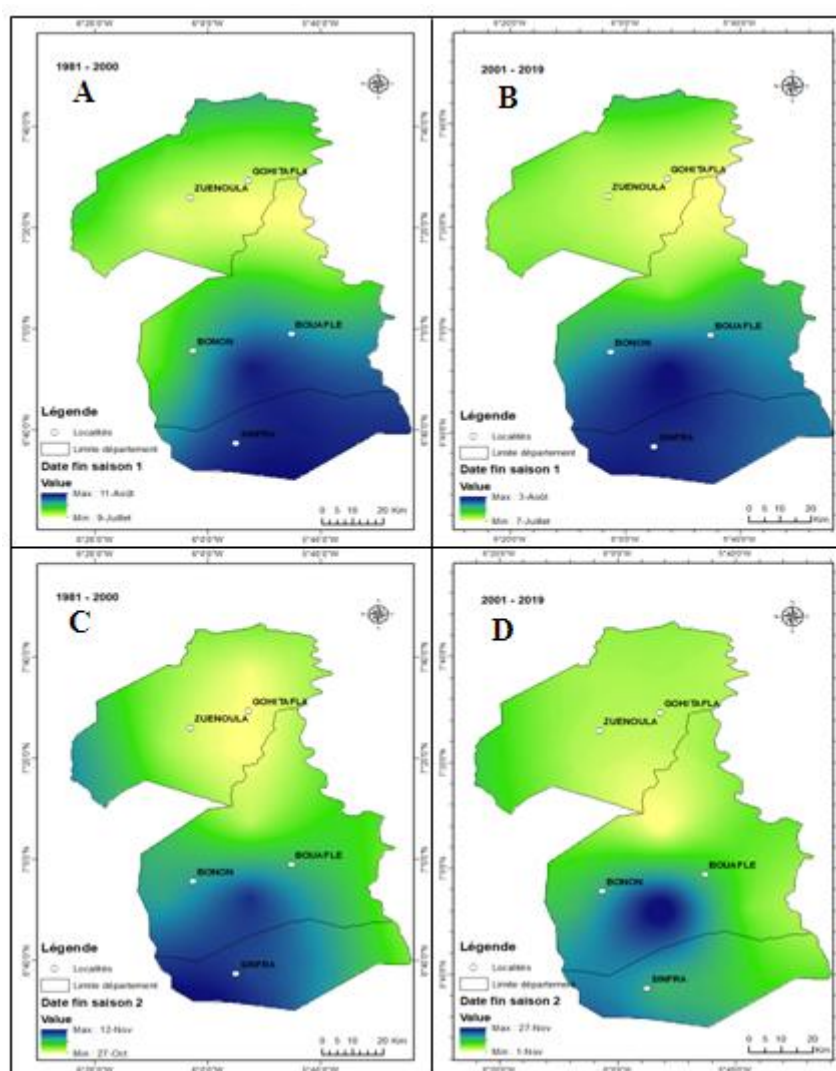
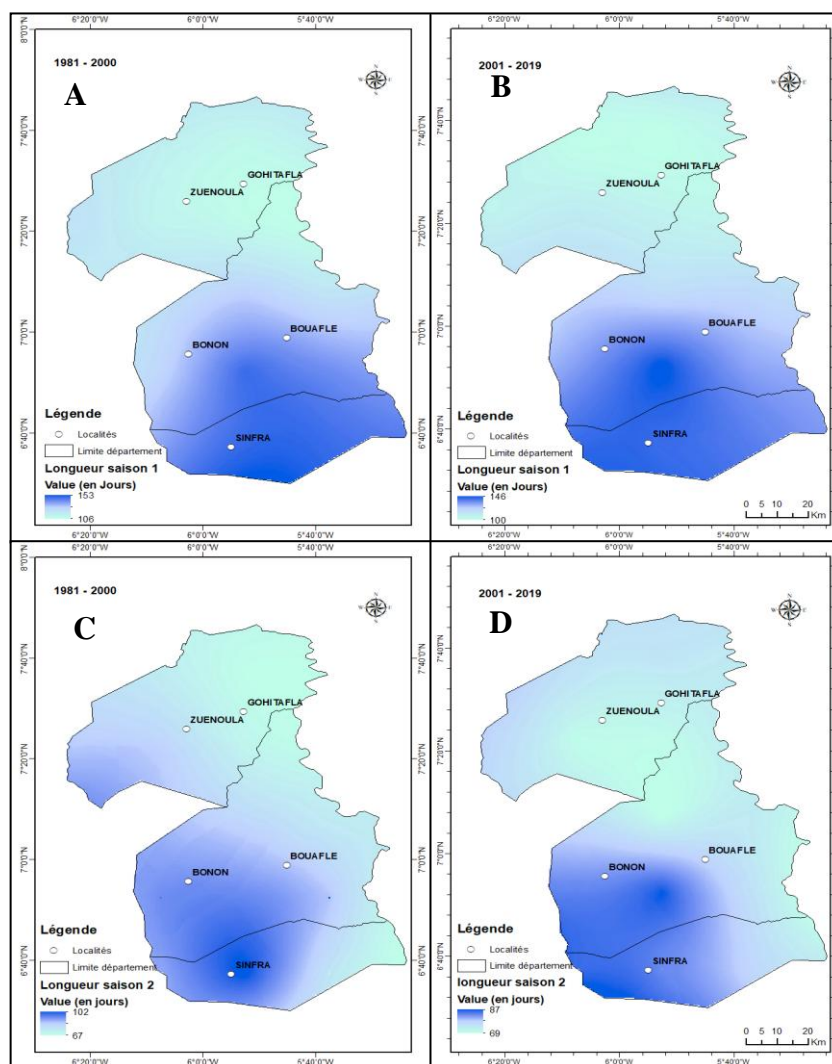


Figure 6: Variation spatio-temporelle des dates de fin des saison 1 et 2

### 3.5.3. Variabilité des longueurs des saisons de pluie

La figure 7 met en évidence l'évolution des longueurs des saisons de pluie sur l'ensemble de la région de la Marahoué. La longueur de la 1<sup>ère</sup> saison des pluies varie de 3 à 5 mois (figure 7a et 7b) et la longueur de la seconde saison des pluies oscille entre 67 et 102 jours (2 à 3 mois) comme illustré par les figures 5c et 5d. L'évolution spatiale de la longueur de la saison des pluies présente deux zones géographiques aux caractéristiques climatiques différents. En effet, le sud enregistre les longueurs de saison les plus importantes soit 146-150 jours en 1<sup>ère</sup> saison et 87-102 jours en 2<sup>ème</sup> saison des pluies. Par contre les localités du nord enregistrent les plus faibles durées de saison des pluies avec 100-106 jours en 1<sup>ère</sup> saison et 67-69 jours en 2<sup>ème</sup> saison des pluies.

Cependant, que ce soit en 1<sup>ère</sup> ou en 2<sup>ème</sup> saison des pluies les longueurs se réduisent. La 1<sup>ère</sup> saison des pluies est réduite de 7 jours entre les périodes 1981-2000 et 2001-2019. En 2<sup>ème</sup> saison des pluies, la longueur est réduite de 15 jours. Ce constat met en évidence que le risque d'échec des cultures est plus important en 2<sup>ème</sup> saison par rapport à la 1<sup>ère</sup> saison des pluies dans la région de la Marahoué.



**Figure 7:** Variation spatio-temporelle de la longueur des saisons de pluies

### 3.5.4. Variabilité du cumul pluviométrique annuel

En générale le cumul pluviométrique moyen a augmenté entre les période 1981-2000 et 2001-2019 (Fig. 8). Il est passé de 1050 à 1109mm pour les minimas et de 1336 à 1403mm pour les maximas. L'évolution interrannuelle montre donc une augmentation de 59 à 67mm. Par ailleurs les départements de Sinfra et de Bouafle demeurent les plus arrosés par rapport au localités du nord (Zuénoula). Cependant cette augmentation

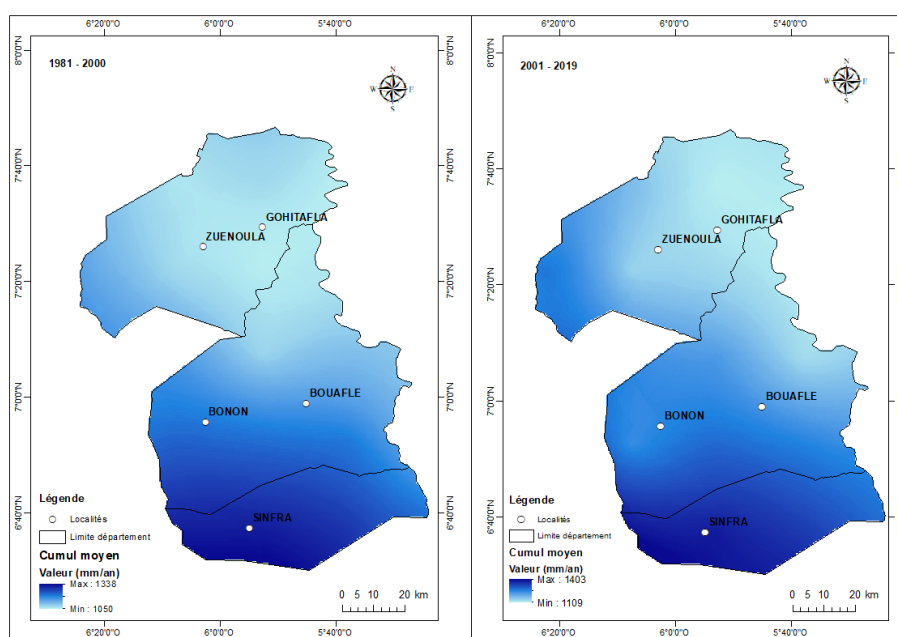


Figure 8: Variation spatio-temporelle du cumul moyen annuel

### 3.6. DISCUSSION

La détermination des dates de départ de saison par la méthode des seuils pluviométriques a montré que la 1ère saison débute au cours du mois de mars et en 2ème saison pendant les mois d'août et de septembre. Précisément en moyenne entre la 2ème décennie et la 3ème décennie du mois de mars. Et pendant la 2ème saison entre la 3ème décennie d'août et la 1ère décennie de septembre. Les travaux de [7], [19] ont montré que dans les régions du centre-ouest et au centre de la côte d'ivoire en régime bimodale les départs des saisons de pluie sont fixés en moyenne en mi-mars et avril pour la 1ère saison, en août et septembre en ce qui concerne la 2ème saison des pluies. Quant aux dates de fin des saisons de pluies, elles se signalent en moyenne tout au long du mois de juillet et de novembre respectivement pendant la 1ère et la 2ème saison des pluies.

Cependant l'analyse interannuelle des variables cités ci-dessus a révélé une grande variabilité de l'installation de la 2ème saison des pluies par rapport à la 1ère saison. En effet, les dates de départ de saison sont plus variables que les dates de fin des saisons de pluie sur période 1981-2019. [17] ont fait cette remarque dans le bassin versant du Bandama. Cette variabilité des dates (début et fin) influence énormément la durée des saisons avec une variation plus importante de la longueur de la 2ème saison par rapport à celle de la 1ère saison des pluies. La 1ère saison des pluies dure en moyenne 111 à 128 jours (3 à 4 mois) avec des écarts de 18 à 25 jours et la 2ème saison en moyenne oscillent entre 70 et 72 jours (2 mois) avec des écarts de 21 à 28 jours.

Cependant l'évolution interannuelle de la longueur des saisons a mis en évidence une réduction de la 1ère saison de l'ordre de 7 jours et de la 2ème saison des pluies de 15 jours. Les conclusions des travaux de ces auteurs [3], [7], [18] ont mis en évidence le raccourcissement de la saison des pluies dans plusieurs localités de la côte d'ivoire. Cette instabilité constitue un facteur de risque pour les activités agricoles dont le calendrier de déroulement est intimement lié à la répartition saisonnière des pluies.

Pendant les mois humides de l'année, on remarque une prédominance des séquences sèches supérieures à 7 jours (SS7) et à 10 jours (SS10) par rapport aux séquences sèches de 15 jours (SS15) et de 20 jours (SS20) dans tous les départements de la Marahoué. Ces arrêts pluviométriques sont plus récurrents en début qu'en fin de saison. D'où l'occurrence des faux-départs de saison sont plus importantes en début de saison (Mars, Août et septembre). Ces résultats corroborent aux travaux de [25] dans les régions du Niger et du Sénégal. Et, le pourcentage d'année à faux-départ (FD) varie entre 35.89% et 46.15% en seconde saison et de 7.69% à 17.98% en première saison. Les faux-départs de saison interviennent donc en 1ère saison entre la 9ème et la 14ème semaine de l'année (1ère semaine de mars à la 1ère semaine d'avril) et en 2nde saison entre la 32ème et la 36ème semaine (2ème semaine d'août à la 2ème semaine de septembre). En effet, les faux-départs sont responsable de ré-semis et d'autres pertes en milieu paysan [22].

La couverture spatiale des variables de la saison des pluies montre deux principales zones géographiques bien distinctes séparées par une zone intermédiaire avec des limites variables dans le temps. Au sud et au sud-ouest de la région c'est-à-dire dans les localités de Sinfra et Bonon, la 1ère saison des pluies

s'installe tôt pendant le mois de mars et s'achève tardivement pendant le mois d'août. Par contre au centre, au nord et au nord-est de la région le démarrage est tardif (avril) et la fin est précoce (juillet). Pendant, la 2<sup>ème</sup> saison au sud et au sud-ouest, les départs de la saison sont tardifs (septembre) et s'achève tardivement (novembre). Cependant, dans le nord c'est l'effet contraire. Cette configuration est à l'origine des longueurs de saison plus importantes (plus de 4-5 mois) au sud. Par contre au centre et au nord de la région de la Marahoué les valeurs les plus faibles de longueurs de la saison des pluies (2-3 mois) sont enregistrées. En seconde saison des pluies le constat est le même et mets en évidence une différence de cumul assez importante entre les localités du sud et du nord de la région de la Marahoué. D'où au sud les cultures plus exigeantes en eau et/ou à cycle long (plus de 4 mois) sont conseillées et au nord les cultures moins exigeantes en eau et/ou à cycle court (moins de 3 mois).

#### IV. CONCLUSION

La présente étude est une contribution à la compréhension de la distribution intrasaisonnière des paramètres relatifs à la caractérisation de la saison des pluies dans la région de la Marahoué. Elle a consisté à la détermination des dates précises de départ des saisons de pluies et des dates de faux-départ ainsi que leur variation spatio-temporelle. L'étude des dates de faux-départs a montré une occurrence plus importante de ces événements en 2<sup>ème</sup> saison des pluies, surtout en Aout-Septembre.

L'évolution spatiale de la saison des pluies présente deux zones géographiques aux caractéristiques climatiques différents. Le sud paraît plus humide que le centre et le nord de la région.

Vue la pertinence de l'étude il serait important de l'approfondir en y ajoutant la prévision des paramètres étudiés à l'horizon 2050-2080, par l'application d'un modèle stochastique basé sur les chaînes de Markov et étendre l'étude aux 4 pôles agroclimatiques de la côte d'ivoire afin de proposer un système d'information détaillée sur la saison des pluies en Côte d'ivoire.

#### RÉFÉRENCES

- [1]. Paturel J. E., Servat E., Kouamé B. et Boyer J.F, Manifestation de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne, cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin. *Bulletin sécheresse*, vol.6, n°1, 1995, 95-102.
- [2]. Servat E., Paturel J.-E., Lubes H., Kouame B., Ouedraogo M., et Masson J. M. Variabilité climatique en Afrique humide le long du Golfe de Guinée. Première partie: analyse détaillée du phénomène en Côte d'Ivoire. In *Journal of Hydrology*, 191, 1997, 1-15.
- [3]. Brou Y. T., Akindes F., Bigot S, la variabilité climatique en Côte d'Ivoire: entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures*, 14, 2005, pp 533-540.
- [4]. Brou Y. T, Variation climatique, déforestation et dynamique agro-démographique en Côte d'ivoire. *Sécheresse* vol. 21, n° 1, 2010, pp 1-6.
- [5]. Bigot S., Brou Y.T., Diedhiou A., Houndenou C, Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales. *Sécheresse* Vol. 16, N°1, 2005, 14-21.
- [6]. FIRCA, Rapport Final, Programme de transformation de l'agriculture en Afrique de l'ouest (PTAAO), *Cadre de politique de réinstallation (CPR)*, 2018, 133.
- [7]. Goula B.T.A., B. Srohourou, A.B. Brida, K. A. N'zue and G. Gorozza, Determination and variability of growing seasons in Côte d'Ivoire. *International Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 2, N°11, 2010, 5993-6003.
- [8]. Doumouya I., Kamagate B., Bamba A., Ouedraogo M., Ouattara I., Savane I., Goula B. T. A., Biemi J, Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et végétation du bassin versant du bandama en milieu intertropical (Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, Vol. 14, 2009, 203-215.
- [9]. Ati O. F., Stigter C. J. et Oladipo E. O, Une comparaison des méthodes pour déterminer le début de la saison de croissance dans le nord du Nigeria. *International Journal of Climatology*, 2002, pp 731-742.
- [10]. Marteau R, *Cohérence spatiale et prévisibilité des descripteurs intrasaisonniers de la saison des pluies en Afrique Soudano-sahélienne: application à la culture du mil dans la région de Niamey*. Thèse de doctorat de l'université de Bourgogne, Dijon, France, 2010, 242.
- [11]. Sönnert E, Prediction of the Start of the Rainy Season in West Africa, *E-thesis in Meteorology*, No. 282, Department of Earth Sciences, Geotryckeriet, Uppsala University, 2014, 58.
- [12]. Recensement Général de la population et de l'Habitat general (RGPH), 2014
- [13]. Stern R. D. et Coe R, l'utilisation de modèles de précipitations dans la planification agricole. *Agricultural Meteorology* Vol 26, N°1, 1982, pp 35-50.
- [14]. Sivakumar M. V. K, Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern sahelian and sudanian climatic zones of west africa. In *Agricultural and Forest Meteorology*. 42, 1988, 295-305.
- [15]. Doris E., Sarria-dodd I., and T., Jolliffe, Early detection of the start of the wet season in tropical climates. *Journal international of climatology*, Vol 14, 1994, 7-76.
- [16]. OMOTOSHO J. B, Long-range prediction of the onset and end of the rainy season in the West African Sahel. *International Journal of Climatology*, Vol 12, 1992, 369-382.
- [17]. Kouakou K. E., Goula B. T. A., Savane I, Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface en zone tropicale humide: Cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte d'Ivoire - Burkina Faso). *European Journal of Scientific Research*, 16 (1), 2017, 31-43.
- [18]. Kouassi A.M., Kouassi, N. J., Dje, K. B., Kouame, K. F., et Biemi J, Analyse de la durée de la saison pluvieuse en fonction de la date de démarrage des pluies en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* Vol. 30, N°2, 2018, 147-156.
- [19]. Dékoula, S. C., Kouamé, B., N'goran, K.E., Yao, G. F., Ehounou, J.N., et Soro, N, Impact de la variabilité pluviométrique sur la saison culturale dans la zone de production cotonnière en Côte d'Ivoire. *European scientific journal*, Vol. 14, N°12, 2018, 143-159

- [20]. Kouassi A.M., Kouassi, N. J., Dje, K. B., Kouame, K. F., et Biemi J, Analyse de la durée de la saison pluvieuse en fonction de la date de démarrage des pluies en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine Vol. 30, N°2*, 2018, 147-156.
- [21]. Stern R. D., Dennett M. D., and Garbutt D. J, The start of the rains in West Africa. *International Journal of Climatology, Vol 1*, 1981, 59-68.
- [22]. Sivakumar M.V.K, Empirical analysis of dry spells for agricultural applications in West Africa. *Journal of Climate, Vol 5*, 1992, 532-539.
- [23]. Salack S., K. Hien, N. K. Z. Lawson, I. A. Saley, J.E. Patrel, M. Waongo, Prévisibilité des faux-départs de saison agricole au Sahel. *Risques climatiques et agriculture en Afrique de l'ouest*, (Paris, Revue scientifique de l'IRD, 2020) Chapitre 2, 31-43.
- [24]. Stern R., Rijks D., Dale I., Knock J, *Instat Climatic Guide*. Reading (UK): University of Reading, 2006.
- [25]. Baillargeon S, Le krigeage: revue de la théorie et application à l'interpolation spatiale de données de précipitations. Mémoire de maîtrise, à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en statistique, 2005, 137.
- [26]. Salack S., Muller B., Gaye A. T., Hourdin F. et Cisse N, Analyse multi-échelles des pauses pluviométriques au Niger et au Sénégal. *Sécheresse Vol. 23*, 2012, 3-13.

Hermann Vami N'Guessan Bi, et. al. "Apport des données de télédétection à l'analyse des départs et faux-départs de la saison des pluies dans la région de la marahoué (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)." *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, Vol. 10(12), 2021, PP 54-69. Journal DOI-10.35629/6734