

Influence Des Parametres Agroclimatiques Sur La Production De Canne À Sucre : Cas De L'unité Agricole Integree De Borotou Koro, Nord-Ouest Côte D'ivoire

**Yaya Konate¹, Kouadio Zilé Alex², Coffi Eba Ernest³,
Coulibaly Wawogninlin Brice⁴**

^{1,2,4}Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire,
³Sucrivoire, Borotou Koro, Côte d'Ivoire.

Résumé

Les effets du changement climatique sont parmi les défis actuels auxquels l'humanité devrait faire face. Les secteurs de développement notamment l'agriculture, l'environnement, les ressources en eau, sont les plus menacés. En effet l'agriculture est aujourd'hui tributaire de variabilité climatique de plus en plus contraignante qui se manifeste par une irrégularité des pluies et une hausse des températures. Alors que cette agriculture est la clé de voûte de la sécurité alimentaire et est le moyen de subsistance principal pour les populations rurales et contribue largement au développement économique. Cette étude vise à déterminer les paramètres agro climatiques qui influencent la culture cannière en Côte d'Ivoire, en vue d'analyser leurs liens avec les productions pour mieux s'adapter afin de satisfaire les besoins alimentaires. Les variables pluviométriques intra saisonniers qui influencent la culture de canne à sucre ont été déterminé par le logiciel R-Instat à partir des données pluviométriques de 2005 à 2020. Le logiciel XLSTAT 2018 a permis établi les corrélations entre ces variables et les productions. L'analyse des cumuls pluviométriques, des jours pluvieux a mis en évidence une tendance en baisse. Les débuts, fins et longueurs des saisons ont présenté respectivement un retard, une précocité et un raccourcissement. Enfin les jours secs pendant les saisons pluvieuses présentent une tendance en hausse. Les corrélations fortes entre les paramètres climatiques et la production sont observées au premier et deuxième trimestre de l'année. Ces travaux ont permis de proposer les périodes propices au planting en vue d'augmenté la production et d'assurer la sécurité alimentaire des populations.

Motsclés: Variabilité climatique, Paramètres agroclimatiques, Canne à sucre, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Cultivée principalement dans le Nord et le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, la canne à sucre constitue un cas particulier parmi les cultures industrielles ivoiriennes. Le sucre étant une denrée alimentaire de première nécessité, sa consommation connaît de plus en plus une croissance avec la hausse galopante des populations après le riz, l'igname, la banane plantain et le manioc. La production sucrière ivoirienne, contribuant à la demande intérieure, varie entre 150 000 et 180 000 tonnes par an, pour un

besoin d'au moins 200 000 tonnes. En matière de production sucrière, la Côte d'Ivoire est classée 53^e mondiale et 16^e sur le plan africain (FAO, 2005). Pour combler ce déficit et pérenniser la production du sucre, les compagnies sucrières ivoiriennes ont opté pour une extension de leurs superficies qui occupent déjà 25 400 ha sur un domaine foncier de 61 400 ha (Kouamé et al., 2009). A cela s'ajoutent le développement des plantations villageoises et la redynamisation de la recherche agronomique cannière, à travers l'optimisation des pratiques culturales, la culture de variétés performantes et la réduction de la durée de sélection. Mais, face à un élan des décideurs industriels et politiques, la filière de l'agro-alimentaire en général et la filière canne à sucre particulièrement est confrontée à l'épineux phénomène du changement climatique. En effet, les péjorations climatiques constituent aujourd'hui une menace majeure pour les systèmes de production agricole. L'analyse des chroniques de pluie montre des ruptures de stationnarité sur une bonne partie de l'Afrique Sub-saharienne. Après 1970, sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, la pluviométrie a, en moyenne baissé de 180 mm par rapport à la période antérieure (Nicholson, 2013). En Côte d'Ivoire, la variabilité climatique est devenue très accentuée au point où les repères traditionnels de précision et de prise de décision des producteurs sont dépassés. Les travaux de Noufé et al., (2015) et de Dékoula et al., (2018) ont montré que le Nord de la Côte d'Ivoire a été marqué durant ces dernières décennies, par une profonde modification des régimes intra-saisonniers pluviométriques. Le secteur agricole ivoirien fortement tributaire des stimuli climatiques se trouve donc sérieusement menacé par les perturbations climatiques. En réponse à ces risques, les données climatiques telles que la pluviométrie et l'Evapotranspiration Potentielle décadaires sont généralement considérées comme le moyen privilégié pour identifier les différentes périodes climatiques. La présente étude vise à déterminer les variables intra saisonnières de la zone d'étude et leurs influences sur la culture canne à sucre, en proposant un calendrier agricole adapté au changement climatique. Afin de situer les périodes optimales de plantation et d'intensification des productions sans crainte de voir les efforts réduits à néant pour cause d'accidents climatique.

1. Matériel et méthodes

1.2 Zone d'étude

La zone d'étude est située sur le bassin versant de la rivière Boa à Sorotona dans la région du Bafing dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, entre les longitudes 7°00 et 7°18 W et les latitudes 8°20 et 8°36 N (Figure 1). Les exploitations agricoles qui ont servi à cette étude, se situent dans le département de Koro plus précisément il s'agit de l'Unité Agricole Intégrée de Borotou Koro, avec une superficie estimée à 30 888 km². La canne à sucre est cultivée aussi bien en irriguer qu'en pluvial. La zone d'étude est sous l'influence d'un climat de type tropical humide caractérisé par deux saisons ; une saison sèche et une saison des pluies. La saison sèche s'étend de Novembre à Mars avec des précipitations moyennes mensuelles variant de 10 à 54 mm sur la période 2005-2020. Quant à la saison pluvieuse, elle s'étend d'Avril à Octobre avec des précipitations moyennes mensuelles variant de 102 à 258 mm. Les précipitations sont variables d'une année à l'autre avec des pluies moyennes annuelles de l'ordre de 1334 mm à la station principale de Borotou- Koro (FC sur la carte). La température moyenne annuelle est de 27°C.

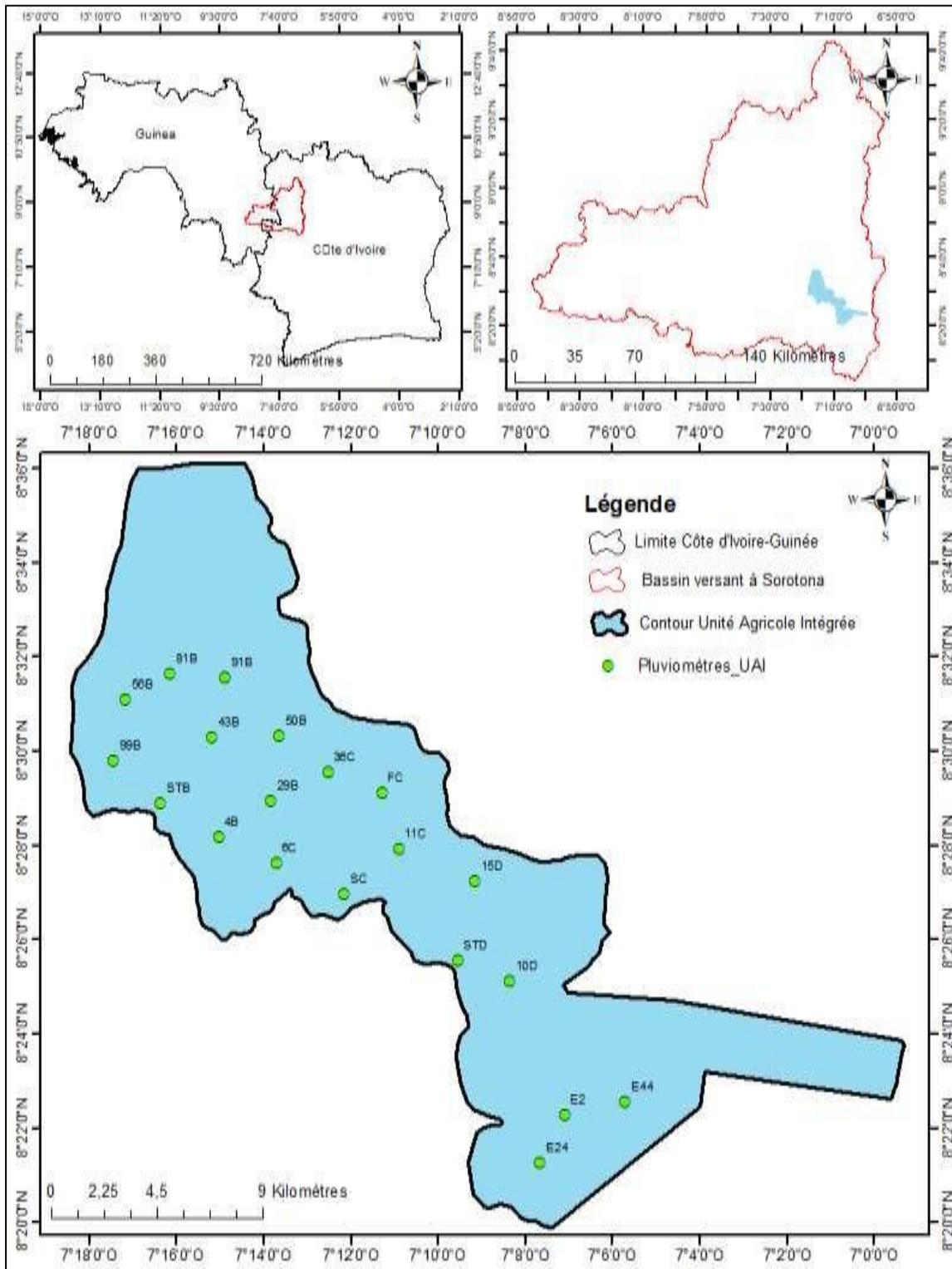


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude

2.2 Données pluviométriques et agronomiques

Les données de pluies se basent sur la moyenne des précipitations journalières enregistrées sur les vingt (20) pluviomètres repartis sur l'ensemble de l'exploitation agricole de Borotou Koro (Figure 1). Les séries chronologiques des précipitations et d'évapotranspiration partent de 2005 à 2020 (16 ans). Elles ont été mises à disposition par le Service des Etudes Agronomiques de la société agroalimentaire

SUCRIVOIRE. Les données agricoles sur la canne à sucre ont été fournies par la Direction des Plantations, de ladite société sur la période de 2005 à 2020. Ces données comportent les dates de plantation et de récolte, les variétés de canne à sucre cultivées, les productions, les rendements et les superficies de parcelles de canne à sucre pluviales. Les données agronomiques collectées concernent les plantations de cannes en modes de cultures pluviales. En plus des données, des visites de terrains ont été effectuées sur les parcelles dites pluviales (qui ne bénéficient pas de système d'irrigation), pour se rendre compte des différents itinéraires techniques culturaux utilisés pour la production de la canne à sucre.

3.2 Détermination des paramètres agroclimatiques influençant la culture de canne à sucre

Définition des paramètres étudiés

La qualité d'une saison des pluies ne peut être appréhendée à partir de son seul cumul saisonnier ou encore de sa durée. En réalité, une saison des pluies est structurée autour de variables pluviométriques internes qui construisent le cumul saisonnier (Boyard, 2013). Sur la base de la connaissance de ces variables, des critères ont été définis pour leurs déterminations. Les variables pluviométriques appelés aussi descripteurs intra saisonniers qui structurent la saison des pluies ont été calculées à partir des définitions agroclimatiques proposées par Sivakumar (1988). Les seuils empiriques de précipitations adaptés par Goula et al., (2010) en fonction des conditions climatiques locales de la Côte d'Ivoire ont été utilisés. Les critères retenus sont une légère modification apportée à ceux de Dékoula et al. (2018).

Sur cette base pour notre zone d'étude :

- le début de la saison des pluies (DSP) a été déterminé selon le critère suivant : la saison des pluies démarre à partir du 01 avril, lorsqu'on enregistre au moins 20 mm de pluie sur 3 jours consécutifs sans épisodes secs de plus de 7 jours dans les 30 jours qui suivent la date indiquée.
- la fin de la saison des pluies (FSP) intervient lorsqu'à partir du 30 octobre, le sol susceptible de contenir 70 mm d'eau de pluie disponible aura complètement épuisé ce stock à la suite d'une perte quotidienne de 5 mm d'eau par évapotranspiration. Par ailleurs, cette date obtenue doit être suivie d'épisode sec d'au moins 20 jours.
- la Longueur de la saison des pluies (LSP) est obtenue par la différence entre la FSP et le DSP, soit :
- $LSP = FSD - DSP$ Équation (1)
- le cumul pluviométrique saisonnier (CPS) est déterminé par la quantité de pluies recueillie au cours de la saison des pluies (entre DSP et FSP). Où la quantité de pluie tombée est supérieure ou égale à 1 mm.
- les séquences sèches (SS) ont été déterminées pendant les saisons de pluie. Une séquence sèche est en effet, définie comme étant le nombre de jours consécutifs sans pluie atteignant 1 mm.

L'ensemble de ces descripteurs intra-saisonniers consignés dans le tableau 1 exercent une influence sur les activités agricoles de la canne à sucre (plantation, bourgeonnement, tallage, croissance et maturation). Le logiciel d'analyses agroclimatiques R-Instat a servi à la détermination de ces différents descripteurs.

Tableau I : Description des variables pluviométriques intra saisonniers (Dékoula et al., 2018)

Acronyme	Nom du descripteur	Définition du descripteur	Unité
DSP	Début de la saison des pluies	Démarrage des pluies utiles en agriculture	Date
FSP	Fin de la saison des pluies	Fin des pluies en agriculture	Date
LSP	Longueur de la saison des pluies	Durée de la saison des pluies	Jour
CPS	Cumul pluviométrique saisonnier	Quantité de précipitation enregistrée entre le début et la fin de la saison des pluies	mm
NJP	Nombre de jour de pluie	Nombre de jours ayant enregistrée une pluie supérieure à 1 mm	Jour
HMP	Hauteur journalière moyenne de précipitation	Quantité journalière moyenne de précipitation enregistrée par jour pluvieux	Mm/jour
SS	Séquences sèches	Nombre de jours sans pluie le plus élevé entre deux pluies consécutives pendant la saison des pluies	Jour

Corrélation entre la pluviométrie et les rendements agricoles de la canne à sucre

La pluviométrie faisant partie des conditions environnementales primordiales pour la production optimale de canne à sucre, la mise en évidence des interrelations s'est faite à deux niveaux. D'abord, une confrontation annuelle pluviométrique a été réalisée afin de déceler la relation entre les pluies et la production de canne enregistrée. Et les variables pluviométriques intra-saisonnières ont été comparées aux indices de production que sont les dates de mise en terre des boutures et la production de canne en fin de cycle cultural, afin de vérifier si ces variations sont en phase avec celles de la production. Les relations pluie/production ont été testées au moyen du coefficient de corrélation (R) de Bravais-Pearson, qui montre l'ampleur et le sens (positif ou négatif) de l'influence des pluies (y) sur les productions de canne à sucre (x). Il se calcule de la façon suivante :

$$R_{x,y} = \frac{\text{Cov}(x,y)}{\sigma_x \times \sigma_y} \quad \text{Equation (2)}$$

La significativité du coefficient de corrélation est testée à l'aide du test de Student pour un risque d'erreur $\alpha = 0,05$. La valeur de Student t calculée selon l'équation 3, est comparée à celle de t lue dans la table de Student.

$$t = |R| \times \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}} \quad \text{Equation (3)}$$

n = taille de l'échantillon

Si $\alpha \geq 0,05$, la tendance est non significative ;

Si $\alpha < 0,05$, (*) la tendance est significative ;

Si $\alpha < 0,01$, (**) la tendance est très significative

Si $\alpha < 0,001$, (***) la tendance est très fortement significative

Analyse de corrélation entre les paramètres agroclimatiques et les productions agricoles

Une matrice de corrélation a été utilisée pour comparer les effets des variables intra saisonnières sur les paramètres agricoles de la canne à sucre. Cette matrice de corrélation est une matrice des coefficients de corrélation calculés sur plusieurs variables prises deux à deux (Rakotomalala, 2012, p.10). Elle est symétrique et sa diagonale est constituée de 1, puisque la corrélation d'une variable avec elle-même est

parfaite. Elle a essentiellement consisté à comparer les productions de canne à sucre observées aux variables intra saisonnières pluviométriques. En effet, le coefficient de corrélation $-1 < r < 1$ signifie que lorsque la valeur du coefficient est positive, alors le lien est direct (si une variable augmente, l'autre augmente). Tandis que, la valeur négative exprime un lien inverse (si une variable augmente, l'autre diminue). Par ailleurs, les valeurs (en valeur absolue) expriment la force du lien.

4.2 Détermination du calendrier culturel de la canne à sucre

La méthode de Franquin (1973) a permis de déterminer les saisons culturelles de la canne à sucre au cours de cette étude. Elle consiste à croiser la courbe des précipitations (P) à celle de l'Évapotranspiration potentielle (ETP) et d'ETP/2. Ce croisement permet de déterminer les événements climatiques remarquables qui définissent les périodes pré-humide, humide et post- humide des deux saisons culturelles (pluvieuse et sèche). Ainsi, le cycle se répartit comme suit :

- période pré-humide : A2B1 avec $P < ETP$, donc $ETR < ETP$;
- période humide : B1B2 avec $P > ETP$, donc $ETR = ETP$;
- période post-humide : B2C2 avec $P < ETP$, donc $ETR < ETP$.

Ces saisons déterminent le calendrier culturel de la canne à sucre sur la zone d'étude.

2. RÉSULTATS

2.1 Analyse des paramètres agroclimatiques influençant la culture de canne à sucre

L'analyse des paramètres agroclimatiques dans l'exploitation sucrière de Borotou Koro est présentée dans le tableau II sur la période de 2005 à 2020.

Tableau II : Variables pluviométriques intra saisonniers de la zone d'étude

Station	Période	Variables agroclimatiques							
		DSP	FSD	LSP	CPS	NJP	HMP	SS	
Borotou Koro	2005								
	-	Min	10 avr	10 oct	150	972,7	49	11,6	4
	2020	Max	01 mai	17 oct	222	1620,5	90	25,1	7

La date de début des pluies (DSP) à la station de Borotou Koro, se situe, entre le 10 avril et le 01 mai. La variabilité des dates de début de la saison des pluies dans la localité est marquée par un retard de 20 jours au maximum à partir de la date de démarrage. Toutefois, des pluies importantes sont enregistrées dans le mois de mars avec des intensités qui avoisinent les 20 mm. Les dates de fin la saison des pluies (DFP) de façon générale sont de plus en plus avancées malgré le régime pluviométrique monomodal. Les dates de fin de saison des pluies sont situées entre le 10 et le 17 octobre. Par ailleurs, on peut constater des dates de fins de pluie qui se prolongent jusqu' au 30 octobre. Les longueurs des saisons de pluies (LSP) sont marquées par une tendance au raccourcissement. Ce raccourcissement se traduit par une diminution des jours de pluie. La durée de la saison des pluies est de 222 à 150 jours, soit une diminution de 72 jours. Les cumuls pluviométriques saisonniers (CPS) dans la zone sont assez marqués. Les hauteurs de pluie saisonnière oscillent entre 972,7 mm et 1 620,6 mm. En années sèches, les cumuls pluviométriques sont inférieurs à 1 200 mm, qui est la valeur limite du besoin hydrique de la canne à sucre pour un développement harmonieux. Le nombre de jours de pluie (NJP) varie respectivement entre 49 et 90 jours soit 51 jours en moyenne de différence et les séquences sèches (SS) varient entre 4 et 7 jours sur l'ensemble de l'exploitation. Quant

aux hauteurs moyennes de pluie (HMP), elles varient entre 11,6 et 25,13 mm. Le seuil de la hauteur moyenne de pluie est la dose optimale d'eau pour la croissance des plantes de canne à sucre sur l'exploitation agricole de Borotou Koro.

2.2 Analyse de corrélation entre les variabilités intra-saisonniers et les paramètres agricoles

Les coefficients de corrélation entre les paramètres intra saisonniers pluviométriques et la production de canne à sucre, sur la période de 2005 à 2020 sont présentés par la figure 5.

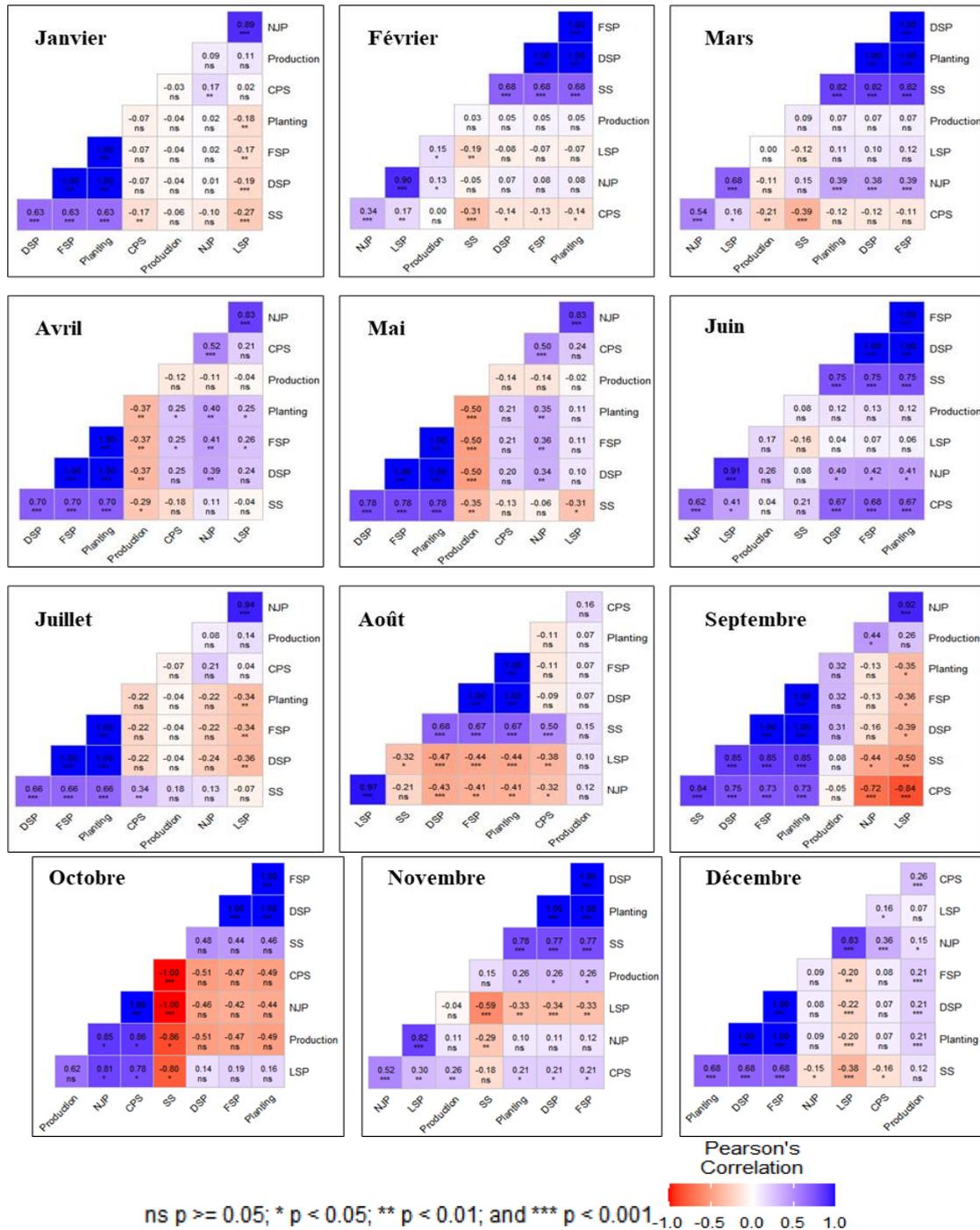


Figure 2 : Matrice de corrélation entre paramètres agroclimatiques et valeurs agronomiques de la canne à sucre

Les matrices de confusion indiquent une diversité et une complexité des relations entre les paramètres de pluie et les données agronomiques sur les différents mois de l'année. Les paramètres agronomiques retenus sont les dates de plantation des boutures et les productions en fin de cycle cultural. La significativité des coefficients de corrélation et leurs tendances négatives sur la plupart des matrices entre la pluviométrie et la production, dévoilent que la coïncidence entre les pluies et la production de canne à sucre n'est pas uniforme sur l'ensemble de la période d'étude. Par ailleurs sur toute la période d'étude, un lien positif fort est constaté entre les dates de plantation de canne et les variables intra-saisonnières que sont les DSP et les FSP (1,00). Ce qui explique que la plantation des boutures de canne est assujettie à une période spécifique. Pendant cette période les conditions de travail des engins sont possibles sur les parcelles sans être embourbé. Pendant le premier trimestre de l'année (période sèche), les paramètres climatiques tels que LSP, NJP et CPS sont corrélés positivement à la production, avec des tendances significatives et très significatives. Les coefficients de corrélation calculés varient entre 0,13 et 0,15. Une corrélation très significative et positive (0,82) entre les dates de plantation des boutures et les SS traduit le fait que le premier trimestre de l'année est le moment le plus indiqué pour cette activité. La mécanisation de l'itinéraire technique de la culture de canne à sucre nécessite qu'elle soit réalisée pendant les périodes moins humides de l'année. Ensuite, au deuxième trimestre de l'année (période pré-humide), des corrélations négatives significatives voire très significatives sont enregistrées entre la production de canne à sucre et les paramètres intra-saisonniers que sont DSP, FSP et SS. Les valeurs de corrélation sont entre -0,37 et -0,50. A côté de cela, on peut observer une corrélation positive non significative entre la même production et LSP, NJP et CPS. Cette corrélation traduit une bonne récolte des cannes plantées à cette période. En effet, les boutures nouvellement mise en terre bénéficient de tous les apports d'eau saisonnière nécessaire au développement harmonieux des plantes. Le troisième trimestre correspondant à la grande saison des pluies (période humide), les corrélations négatives sont plus visibles entre les dates de plantations des boutures et les variables climatiques. La période étant défavorable à la mise en terre des boutures, des corrélations négatives très significatives et très fortement significatives sont observées dans les matrices de confusion. Les paramètres climatiques tels que LSP, NJP, SS et CPS évoluent inversement avec les dates de « planting ». Mais cette influence des variables climatiques en cette période ne prédit pas forcément de mauvaises productions. Quant à la production, des corrélations subsistent avec les paramètres climatiques mais de façon non significative. Selon le calendrier cultural, cette période est défavorable à la mise en terre des boutures, mais les SS de plus en plus longues au cours de saison des pluies, contraignent les agronomes à réaliser cette activité. Enfin, le dernier trimestre de l'année (période post-humide) est pratiquement l'inverse du troisième trimestre. La production est corrélée positivement aux variables climatiques hormis les SS. Les valeurs de corrélations matricielles se situent entre 0,15 et 0,26. Les SS évoluent inversement à des tendances très significatives (-0,82) avec la production de canne. Les dates de plantation ont des corrélations négatives (-0,33 à -0,20) avec une tendance très significative voire très fortement significative avec LSP. L'ensemble des corrélations observées à ce trimestre prédit de bonnes récoltes, si l'itinéraire technique de la culture de canne est bien suivie. Cette observation peut être rendue possible par l'amélioration des pratiques agricoles avec l'utilisation des engrais et pesticides. Les matrices de confusion et des coefficients de corrélation laissent apercevoir que la production de canne à sucre n'est pas simultanément influencée par tous les paramètres intra saisonniers. On peut constater que l'influence des paramètres est fonction du mois de mise en terre des boutures. Mais, il ressort que les paramètres CPS et NJP ont des influences quel que soit la période de plantation des boutures.

2.3 Evolution comparée entre la pluie et le rendement agricole

Les valeurs moyennes de la pluviométrie intra saisonnières et les rendements de canne à sucre sur la période de 2005 à 2020 sont présentées par la figure 6.

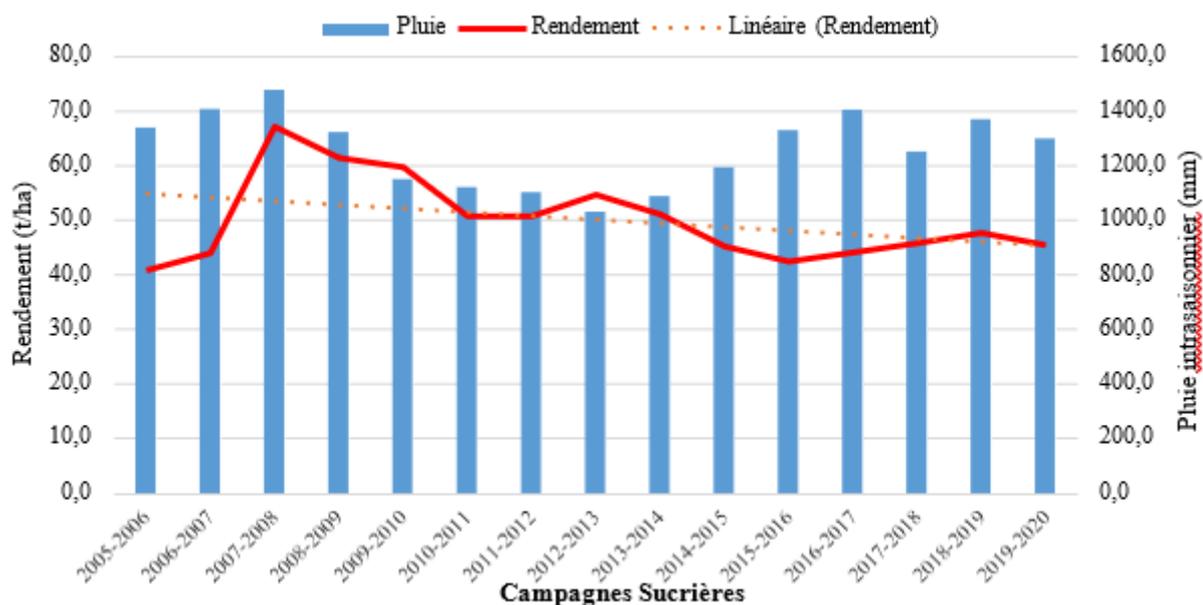


Figure 3: Relation entre les pluies intra saisonnières et les rendements de cannes à sucre par campagne.

Il s'avère que les hauteurs de pluie évoluent dans le même sens que les rendements sur la période de 2005 à 2010, traduisant une corrélation parfaite entre les pluies et les rendements. Les exigences pluviométriques de la canne à sucre sont en moyenne de 1200 mm de hauteur de pluie. Quand on considère la période de 2010 à 2012, les hauteurs de pluies tombées sont insuffisantes pour combler les besoins hydriques de la canne puisque les analyses des totaux pluviométriques saisonniers sont inférieures à 1200 mm. Par ailleurs, on peut constater que la pluie n'est pas le seul élément déterminant des rendements. En effet, de 2013 à 2020 où les hauteurs de pluie ont été supérieures aux besoins hydriques de la canne, les rendements ont connu une baisse assez considérable. Par contre de 2007 à 2009, les rendements ont connu une hausse considérable suite à la plantation des boutures au premier trimestre de l'année. Les cannes ont pu bénéficier de tous les apports hydriques correspondant aux différents stades d'évolution. Donc les dates de mise en terre des boutures influencent beaucoup les rendements. En revanche, il a été constaté qu'au-delà des pluies, la longueur de la saison (en moyenne 150 jours) et les séquences sèches (7 jours en moyenne) occasionnent des chutes de rendement. Cette instabilité intra-saisonnière perturbe la production de canne à sucre pendant les campagnes de 2009 à 2016. Une hausse progressive des rendements est constatée de 2016 à 2020 malgré les conditions agroclimatiques de plus en plus détériorées.

2.4 Calendrier culturel selon les données climatiques

La courbe de détermination des saisons culturelles sur la Figure 7, définit les évènements climatiques remarquables (A1, A2, B1, B2, D et C) sur la zone étude à partir des points de croisement des trois courbes (P, ETP, ETP/2 et ETP/10).

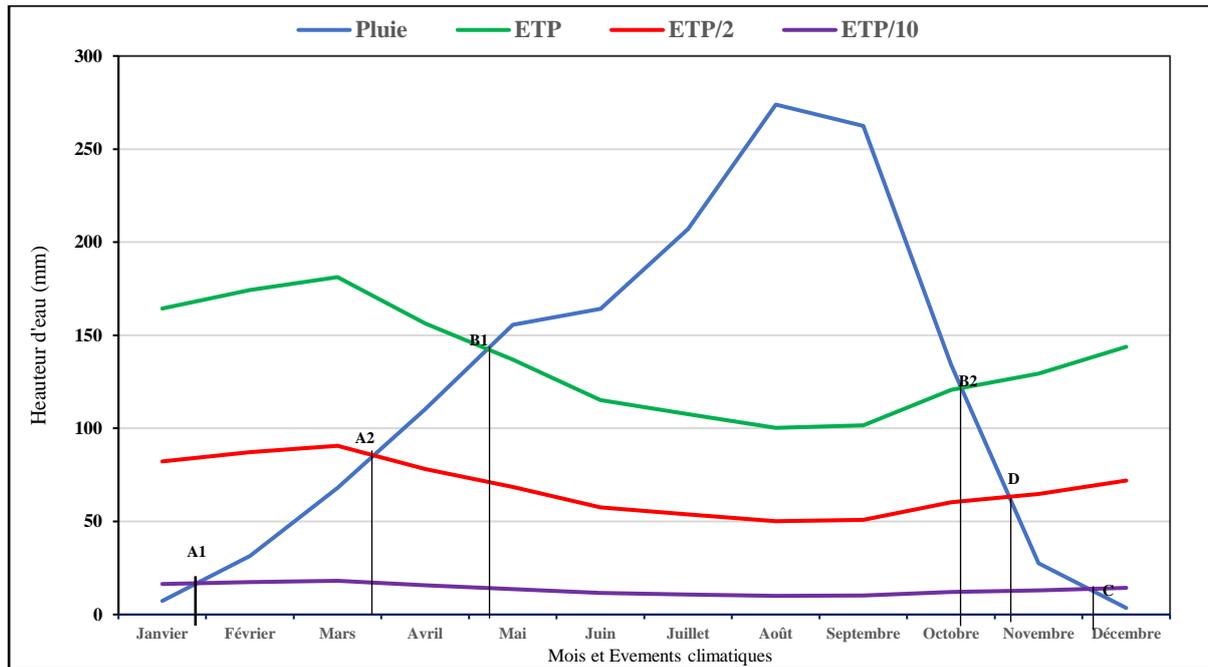


Figure 4: Calendrier culturel selon les données climatiques de la zone d'étude

Les évènements A1 à C définissent la saison sèche culturelle (fin janvier à décembre) tandis que la saison humide culturelle (mi-mars à début octobre) est déterminée à partir des évènements A2 à D. Ces deux saisons culturelles comportent trois périodes végétatives (Pré- humide, humide et post-humide). La période pré-humide (A2 à B1) débute pendant la troisième décennie du mois de mars et prend fin à la première décennie du mois de mai. Les parcelles restent légèrement mouillées au cours de cette longue période à cause de l'irrégularité et de l'insuffisance des pluies ($P < ETP$). La période humide (B1 à B2) débute en mai (1^{ème} décennie) au moment où le flétrissement commence à décroître et se termine en Octobre (3^{ème} décennie). Cette courte période humide caractérise des précipitations suffisantes ($P > ETP$) pour humidifier les sols. Cependant, les sols se déshumidifient à partir de la période post-humide (B2D), car la courbe des précipitations ($P < ETP$) décroît fortement. Cette période (2^{ème} décennie d'octobre à 1^{ère} décades du mois de novembre) indique une récession des pluies et recouvre une longue période sèche (D à C) qui débute en novembre et prend fin en mars. Ainsi, les positions des courbes singularisent la variabilité annuelle des pluies et des périodes végétatives.

2.5 Adaptation de la culture de canne à sucre au calendrier culturel dans l'exploitation sucrière

L'adaptation de la culture de canne à sucre aux conditions climatiques de la zone est proposée par le calendrier culturel présenté sur la figure 5.

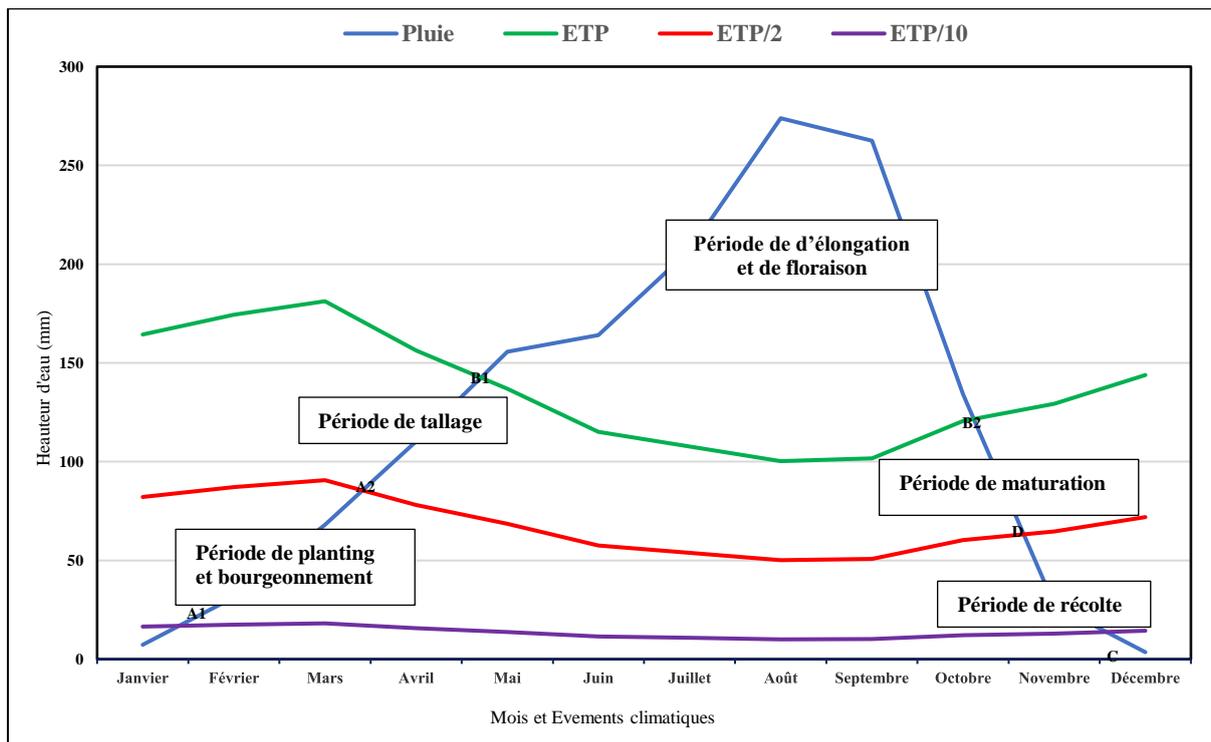


Figure 5 : Calendrier culturel adapté à la culture de canne à sucre sur la zone d'étude

La saison sèche correspond à la période de l'année où la pluviométrie est inférieure à la moitié de l'Evapotranspiration Potentielle ($P < ETP/2$). Elle s'étend de la 1^{ère} décade du mois de Janvier à la 3^{ème} décade du mois d'Avril (A1-A2). Il s'agit de la période où la croissance végétative est fortement ralentie. Cette période correspond à la première étape du cycle végétatif de la canne à sucre. Pendant cette période, la mise en terre des boutures de canne s'adapte parfaitement. En effet, les réserves d'eau contenues dans le sol ont la possibilité de maintenir les boutures humides et favoriser la germination des premiers bourgeons. La période pré-humide (A2-B1) correspond à la période de l'année où la pluviométrie est comprise entre $ETP/2 < P < ETP$. Elle s'étend selon le calendrier culturel de la première décade du mois d'Avril à la Mi-Mai. Il s'agit de la période du développement des premiers bourgeons en talle sans aléas. A ce stade d'évolution de la canne à sucre, la plante est moins exigeante en eau et un retour à l'évènement A2 aurait moins d'impact sur la croissance. La période pré-humide est la période du démarrage de la croissance végétative de la canne à sucre. La période humide (B1 à B2) correspond à la période de l'année où la pluviométrie est supérieure à l'Evapotranspiration Potentielle ($P > ETP$). Elle s'étend de la 1^{ère} décade du mois de mai à la troisième décade du mois de septembre. C'est la période de croissance active de la canne à sucre qui coïncide avec sa période d'exigence hydrique maximale pour la satisfaction de ses besoins hydriques. En cette période, la canne à sucre est à son stade de croissance et de floraison pour atteindre sa taille maximale. Le moindre stress hydrique conduit à la baisse de production. La période post-humide (B2 à D) est la période de l'année postérieure à la période humide et comprise entre ETP et ETP/2. Elle s'étend du mois d'octobre à la première décade du mois de novembre. C'est la période au cours de laquelle les cannes sont généralement à l'étape de maturation où elles perdent la majorité de leurs pailles pour accumuler le maximum de sucre. La période sèche (D à C) est la période pendant laquelle les plantes de canne à sucre commencent à épuiser la réserve en eau dans le sol. Elle ne dure qu'au plus 20 jours. C'est le moment

idéal de la récolte et du transport sur le lieu de transformation. Les périodes climatiques décennales déterminées sont essentielles au calage avec les périodes d'exigence hydrique maximale des plantes pour la détermination des dates de planting des boutures de canne à sucre.

3 DISCUSSION

La saison des pluies en Afrique de l'Ouest plus particulièrement en Côte d'Ivoire est depuis quelques années confrontée à des anomalies issues des perturbations des descripteurs intra saisonniers qui caractérisent sa qualité (Dékoula et al., 2018). En effet, le démarrage de la saison des pluies (DSP) prévu en Mars dans la zone subsaharienne, débute entre la première décennie du mois d'Avril et du mois de Mai dans la zone sucrière avec un retard de 40 jours et un écart de 21 jours. Ce démarrage tardif de la saison des pluies s'explique par le mouvement en zone soudanienne de la mousson humide du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Noufé et al. (2015) corroborent cette affirmation par l'évolution latitudinale du démarrage de la saison des pluies utiles en Côte d'Ivoire. La fin de la saison des pluies survient en moyenne dans la deuxième décennie du mois d'octobre avec une tendance de plus en plus précoce. Ces résultats complètent ceux de Noufé et al. (2015) et Dekoula et al. (2018) qui ont observé des fins de saison de plus en plus précoces respectivement au Nord-Est de la Côte d'Ivoire et dans la zone Nord cotonnière ivoirienne. La longueur de la saison des pluies (LSP) comprise entre 107 et 227 jours, traduit une tendance significative au raccourcissement. Cette observation a été également mentionnée dans les travaux de Goula et al. (2010) qui traduisent les perturbations que subissent les calendriers culturels indiqués par Diomandé et al. (2014). Les cumuls pluviométriques saisonniers (CPS) qui varient entre 972,7 et 1620,5 mm et les nombres de jours de pluie (NJP) qui décroissent de 90 à 49 jours sont similaires aux observations de Soro et al. (2013) sur le bassin-versant du Haut Bandama au Nord de la Côte d'Ivoire. Les hauteurs moyennes des précipitations journalières (HMP) observées (de 25,1 à 11,6 mm) témoignent de la baisse de la pluviométrie sur le complexe sucrier de Borotou Koro. Ce constat s'accorde avec ceux de Kouassi et al. (2010) dans le bassin-versant du N'zi et ceux de Noufé et al., (2011) dans l'Est Ivoirien. Les séquences sèches (SS) au cours des mois de développement des cultures, ne dépassent pas 7 jours par mois. L'occurrence des SS allant de 4 à 10 jours par saison pluvieuse témoigne de la présence non négligeable de la sécheresse sur la zone d'étude. Cette situation pourrait être dommageable pour les cultures de canne à sucre, si elles coïncident avec la phase d'élongation. Cette remarque a été faite dans les études de N'Guessan (2011) et de Konan (2012) pour la culture du riz et du maïs dans la vallée du Bandama en Côte d'Ivoire. Dès lors, la baisse importante et continue des CPS, du NJP et l'augmentation des SS observées ont des conséquences sur les rendements pour les cultures annuelles non irriguées telles que la canne à sucre. En considérant les différents stades de développement de la canne à sucre, on peut ainsi mettre en évidence un impact des séquences sèches intra saisonnières sur les rendements. Si la séquence sèche apparaît durant la phase de développement végétatif comme au tallage, le rendement n'est que faiblement voire pas affecté. En revanche, si la séquence sèche survient au cours de la phase reproductive, c'est-à-dire au moment de la phase de floraison pendant laquelle la plante est très sensible au stress hydrique, le rendement sera très affecté. Diomandé et al., (2016) ont fait les mêmes constats pour la culture du riz pluvial, au Centre Nord de la Côte d'Ivoire. Cependant, les débuts des saisons de pluies (DSP) et la longueur des saisons (LSP) humides sont essentielles en agriculture pluviale. Elles permettent en outre, d'établir un calendrier culturel pendant lequel les cultures bénéficient de quantités d'eau suffisantes pour leur développement optimal. L'étude a permis de mettre en évidence le lien fort entre la quantité totale

d'eau disponible et le rendement agricole potentiel pour une date de plantation idéale. Cependant, une année excédentaire en pluie pourrait être caractérisée par des rendements médiocres alors qu'une année sèche, par des rendements plus importants que ceux d'une année humide. Koné (1991) et Noufé et al. (2011) ont montré à cet effet, que la seule connaissance du régime pluviométrique ne suffit pas à expliquer le rendement d'une culture pluvial, parce qu'un rendement faible peut bien résulter de conditions hydriques déficitaires qu'excédentaires. Les matrices de confusion et des coefficients de corrélation, laisse apercevoir que la production de canne à sucre n'est pas simultanément influencée par tous les paramètres intra saisonniers. On peut constater que l'influence des paramètres est fonction du mois de mise en terre des boutures. Mais, il ressort que certains paramètres comme CPS et NJP ont des influences quelques soit la période de plantation. Les corrélations obtenues entre DSP, LS et les rendements agricoles sont dans l'ensemble faibles et non significatifs au seuil de confiance. Ces résultats peuvent paraître aussi surprenants, surtout pour des cultures pluviales comme la canne à sucre, dont on s'attend à ce que les rendements soient davantage sensibles à l'offre climatique en eau. Plusieurs raisons expliquent cette situation car, la garantie d'une bonne production est tributaire des conditions liées à une bonne articulation des opérations culturales que sont la préparation du sol, la plantation des boutures, l'entretien des cultures, les moments de fertilisation et les usages ou non de variétés améliorées. Aussi, la pluie brute ne permet pas toujours de rendre compte de la réponse à l'eau aux plantes. Dans une approche agro climatologique proprement dite, ce sont surtout les flux du continuum sol-plante-atmosphère qu'il convient de connaître, si l'on veut bien comprendre les interactions complexes entre climat et agriculture.

Conclusion

L'objectif de cette étude était de caractériser l'évolution des descripteurs pluviométriques intra saisonniers dans la zone de production sucrière de Borotou Koro au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, à travers l'analyse des pluies de 2005 à 2020 et de montrer leurs impacts sur la production de canne à sucre. Les résultats ont permis de mettre en évidence une perturbation des variables pluviométriques intra-saisonnières. Ainsi, la variation de la pluviométrie observée ces dernières décennies a provoqué des perturbations des descripteurs intra saisonniers garants de la qualité de la saison agricole. Les observations montrent un retard dans l'installation des pluies, une fin précoce et un raccourcissement de la saison des pluies. Le cumul saisonnier, le nombre de jours pluvieux et la hauteur moyenne des précipitations journalières indiquent une tendance à la baisse. Quant aux séquences sèches des mois de pluie, elles ont une tendance à la hausse. Par ailleurs, une approche transversale entre la dynamique des variables intra- saisonnières et les rendements de production de cannes à sucre a été établie. Les résultats montrent par moment différents sens d'évolution entre les hauteurs de pluies et les rendements. Ainsi, les corrélations établies entre les paramètres pluviométriques et la production montrent que le rendement n'est pas seulement lié aux hauteurs de pluies mais, pas la prise en compte des certains paramètres tels que les DSP, FSP et les SS. Par conséquent, l'adaptation à la péjoration climatique passe par l'adoption du calendrier cultural établi selon les paramètres climatiques (ETP, pluie) et des pratiques agricoles mieux adéquates, pour le rehaussement des rendements agricoles.

REFERENCE

- 1 AGALI Alhassane et al., 2013, « Evolution des risques agroclimatiques associés aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne », Sécheresse 24 :

- 282-93, Doi :10.1684/sec.2013.0400.
- 2 BOYARD Micheau Joseph, 2013, Prévisibilité potentielle des variables climatiques à impact agricole en Afrique de l'Est et application au sorgho dans la région du mont Kenya, Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, France.
 - 3 DEKOULA Charle Sekpa et al., 2018, « Variabilité des descripteurs pluviométriques intrasaisonniers à impact agricole dans le bassin cotonnier de Côte d'Ivoire : cas des zones de Boundiali, Korhogo et Ouangolodougou », Journal of Applied Biosciences, 130, 13199-13212.
 - 4 DIBI KANGAH Pauline A et ANOH Jean-Dominique H, 2016, « La production du maïs face aux aléas pluviométriques dans le Nord et Nord-ouest de la Côte d'Ivoire de 1950 à 2013 », Sciences Naturelles et Appliquées, 2.
 - 5 DIOMANDE Béh Ibrahim et al., 2016, « Variabilité pluviométrique et riziculture dans la sous-préfecture de Béoumi au centre-nord de la Côte d'Ivoire », Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement, n°2.
 - 6 DIOMANDE Metangbo et al., 2014, « Vers un changement du calendrier cultural dans l'écotone forêt-savane de la Côte d'Ivoire », Agronomie Africaine, 25(2), 133-147.
 - 7 FAO, 2005, Principaux pays agricoles et alimentaires et producteurs. Classification des pays dans le monde, par produit. Division de la statistique de la FAO. <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html>
 - 8 FRANQUIN P, 1973, « Analyse agroclimatique en régions tropicales : méthode des intersections fréquentielles de périodes végétatives », Agron Trop Paris, 13 (6-7), 665- 682.
 - 9 GOULA Bi Tié Albert et al., 2010, « Determination and variability of growing seasons in Côte d'Ivoire », Int J Eng Sci, 2(11), 5993-6003.
 - 10 KONAN Kouamé Firmin, 2012, Diagnostic minéral d'un sol de bas-fond secondaire développé sur matériaux granito-gneissiques en région Centre de la Côte d'Ivoire : essai comportemental de riziculture irriguée, en ligne, <http://www.memoireonline.com/02/14/8760/m> (Page consultée le 29 Mai 2023).
 - 11 KONE D, 1991, « Caractérisation du risque climatique de la culture du maïs en zone centre Côte d'Ivoire », IAHS Publ, 199, 515-521.
 - 12 KOUAME Didier K, 2009, « Evaluation agronomique de variété de canne à sucre en début de campagne de récolte à Ferké au Nord de la Côte d'Ivoire : vers un allègement du schéma de sélection », Agronomie Africaine, 21 (3), 31 -330.
 - 13 KOUASSI Amani Michel, 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 », Cybergeog : European Journal of Geography.
 - 14 N'GUESSAN, 2011, L'évolution des rendements sur les périmètres de riziculture irriguée de Côte d'Ivoire. [international rice commission newsletter 2002 \(fao.org\)](http://international.rice.commission/newsletter/2002), consulté le 25/04/2023.
 - 15 NICHOLSON Sharon E, 2013, « The West African Sahel: A review of recent studies on the rainfall regime and its interannual variability ». International Scholarly Research Notices, 2013.
 - 16 NOUFE Dabissi et al., 2011 « Variabilité climatique et production de maïs en culture pluviale dans l'Est Ivoirien » Hydrological Sciences Journal, 56 (1), 152-167.
 - 17 NOUFE Dabissi et al., 2015, « Impact de la variabilité climatique sur la production du maïs et de l'igname en Zones Centre et Nord de la Côte d'Ivoire », Agronomie Africaine, 27(3), 241-255.
 - 18 RAKOTOMALALA Roger, 2012, Analyse de corrélation, étude des dépendances – variables

quantitatives, version 1.0, <http://dis.univ-lyon2.fr>

- 19 SARR B, 2007, Manuel d'utilisation destiné aux ingénieurs en agrométéorologie, Centre Régional AGHYMET, Niamey, 72p.
- 20 SIVAKUMAR Mannava, 1988, « Predicting rainy season potential from the onset of rains in the southern sahelian and soudanian climatic zone of West Africa », Agricultural and forest meteorology, 42(4), 295-305.
- 21 SORO Tanina Drissa et al., 2013, « Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) », VertigO, 13(3).