

SERVICES CLIMATIQUES ET AGRICULTURE DURABLE EN CÔTE D'IVOIRE

Pauline A. DIBI ANOH, Kolotioloma Alama COULIBALY

*Institut de Géographie Tropicale,
Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
line237@yahoo.com - kcoulibaly2@yahoo.fr*

Résumé

En prenant en compte les recherches en climatologie, l'objectif de cette étude est d'analyser les défis climatiques récurrents, d'évaluer les impacts des variabilités du climat et de proposer des outils efficaces de résilience et d'adaptations pour un développement durable des systèmes de productions agricoles en Côte d'Ivoire. Comme toute l'Afrique Subsaharienne, la Côte d'Ivoire est sensible aux fluctuations climatiques de ces récentes décennies. Essentiellement pluviale et pilier de l'économie ivoirienne, l'agriculture est hyper-dépendante au climat. Les mesures de résiliences et les stratégies d'adaptation climatique sont limitées et/ou insuffisantes pour faire face aux défis climatiques. Partant, la compréhension du climat et ses impacts agricoles, ainsi que l'élaboration de mesures résilientes et stratégies adaptatives innovantes s'avèrent nécessaires pour une agriculture durable en Côte d'Ivoire.

Mots clés : *variabilité climatique, agriculture pluviale, activités socio-économiques, développement agricole durable, Côte d'Ivoire*

Abstract

Taking into account research in climatology, the objective of this study is to analyze the recurrent climatic challenges, to evaluate the impacts of climate variability and to propose efficient tools of resilience and adaptations for a sustainable development of agricultural production systems in Côte d'Ivoire. Like all of Sub-Saharan Africa, Côte d'Ivoire is sensitive to the climatic fluctuations of recent decades. Essentially rain-fed and a pillar of the Ivorian economy, agriculture is hyper-dependent on climate. Resilience measures and climate adaptation strategies are limited and/or insufficient to face climate challenges. Therefore, the understanding of climate and its agricultural impacts, as well as the development of resilient measures and innovative adaptive strategies are necessary for a sustainable agriculture in Côte d'Ivoire.

Keywords: *climate variability, rainfed agriculture, socio-economic activities, sustainable agricultural development, Côte d'Ivoire*

1- Introduction

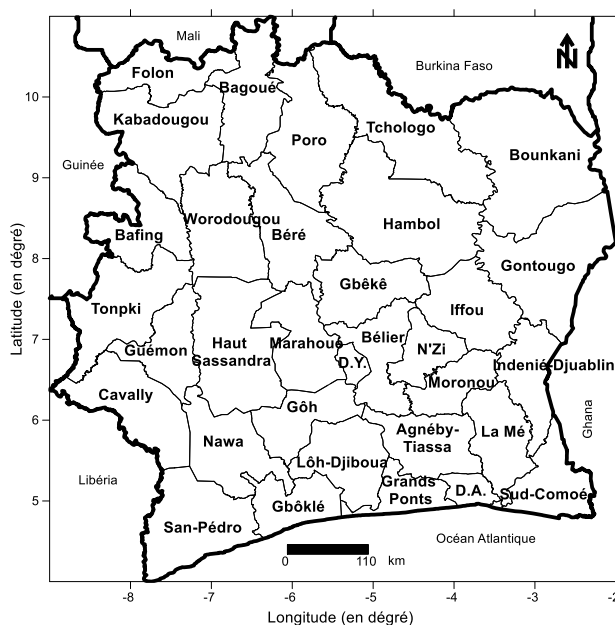
Pilier de l'économie, l'agriculture représente 28% du Produit Intérieur Brute (PIB) et 40% des recettes d'exportations de la Côte d'Ivoire. De plus, elle emploie 46% des actifs et fait vivre les deux tiers de la population ivoirienne dont 70% vivent en milieu rural (Dibi Kangah P.A., 2010 : 16 ; <https://agriculture.gouv.ci>, 2022 : 1). Dès son accession à

l'indépendance, la Côte d'Ivoire a fondé son économie sur l'agriculture. Cette dernière demeure toutefois insuffisamment mécanisée et hyper-dépendante des aléas climatiques (Dibi Kangah P.A. et Mian K.A., 2016 : 47 ; <https://agriculture.gouv.ci>, 2022 : 1). Les recherches en climatologie tropicale et sur la Côte d'Ivoire connaissent un intérêt croissant (Paturel J.-E. *et al.*, 1998 : 939-942 ; Dibi Kangah P.A., 2010 : 58-76 ; Dibi Kangah P.A., 2015b : 2). Elles aident à comprendre l'environnement pour mener à bon escient la plupart des activités socio-économiques (Dibi Kangah P.A. et Koné M., 2015 : 20). Ces études s'avèrent primordiales pour appréhender les impacts du climat sur la disponibilité en eau et la croissance des plantes. Cependant, ces recherches ont focalisé sur les causes et effets des variations spatio-temporelles du climat (Paturel J.-E. *et al.*, 1996 : 100-105 ; Paturel J.-E. *et al.*, 1998 : 942-945 ; Nicholson S. *et al.*, 2000 : 2628-2638 ; Dibi Kangah P.A., 2010 : 60-70 ; Dibi Kangah P.A. *et al.*, 2015 : 159-161 ; Dibi Kangah P.A. et Mian K.A., 2016 : 45-40). Partant, ces auteurs n'ont pas suffisamment mis l'accent sur le climat pour satisfaire les besoins fondamentaux en eau et nourriture ; au service d'un développement agricole durable. Pourtant ce lien est fondamental pour comprendre l'essor économique d'un pays tourné prioritairement vers une agriculture hyper-dépendante des pluies. En somme, la connaissance du climat est importante parce qu'il influence la satisfaction des besoins en eau des cultures, les rendements agricoles et l'économie ivoirienne. Ainsi, la variabilité climatique avérée de ces récentes décennies suscite plusieurs interrogations. Quelle est la dynamique du climat ivoirien ? Les régions de Côte d'Ivoire présentent-elles un régime pluviométrique uniforme ? Les pluies du climat ivoirien varient-ils vers un excédent ou un déficit ? Quels sont les impacts de la variation des pluies sur l'agriculture ? Les mesures de résiliences et stratégies d'adaptation contribuent-elles à un développement agricole durable ? Pour répondre à ces questions, cette étude projette de déterminer les régimes pluviométriques, puis de les analyser et de relever les défis auxquels est confrontée la Côte d'Ivoire. En outre, à partir des résultats, cette recherche exposera les mesures de résiliences et stratégies adaptatives dans la gestion des informations climatiques pour un développement agricole durable.

2. Données et méthodes de l'étude

Située entre les latitudes 4° et 11° nord, et les longitudes 2° et 9° ouest, la Côte d'Ivoire a une superficie de 322 462 km² (Figure 1) et une population estimée à 29 millions (INS-RGPH, 2021 : 1). Elle bénéficie d'un climat tropical chaud et humide avec un régime pluviométrique annuel variant de quatre saisons (deux sèches et deux humides) au Sud à deux saisons (une sèche et une pluvieuse) au Nord (J.-E. Paturel *et al.*, 1996 : 102-105 ; Dibi Kangah P.A., 2010 : 60-70 ; Dibi Kangah P.A. *et al.*, 2015 : 159-161).

Figure 1 : Carte administrative de la Côte d'Ivoire



DY = District de Yamoussoukro ; DA = District d'Abidjan

Dans le Nord ivoirien, des pluies intenses sont habituellement enregistrées de juillet à septembre avec en moyenne 1000-1200 mm/an. En revanche, au Sud, il pleut quasiment tous les mois avec un maximum de pluie entre avril-mai-juin et de mi-septembre à novembre, pour 1000-2000 mm/an (SODEXAM, 2021 : 1). La grande saison sèche dure de décembre à mars tandis que la petite s'étend de mi-juillet à mi-septembre, et coïncide avec la survenue de l'upwelling côtier qui inhibe la convergence troposphérique et la formation des nuages. Il faut noter que les années où se produit le phénomène El Niño, il y a la suppression des upwellings côtiers et partant, il n'y a pas de petite saison sèche. La présente étude se focalise sur les Services Climatologiques et Météorologiques (SCM) pour l'agriculture. Roudier P. (2021 : 40-42) définit qu'ils « représentent tout service (application smartphone, bulletin radio, sms, etc.)... qui a pour base les prévisions météorologiques de court terme..., saisonnières... ou projections climatiques... qui va les simplifier, les expliciter et les rendre utilisables... pour un usager quelconque (agriculteur, chef d'entreprise, maire d'une commune en zone inondable) avec comme but final de modifier les décisions... (changer de dates de semis agricole, déclencher un plan d'alerte inondation, etc.) ». Il poursuit que les SCM « sont utilisables pour une grande variété de secteurs comme l'énergie, la gestion de la ressource en eau et surtout l'agriculture ». Les SCM sont d'ailleurs plébiscités comme une stratégie d'adaptation au changement climatique (Dibi Anoh P.A., 2021 : 26-47). De plus, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) ajoute que 85% des pays considèrent les SCM comme prioritaires pour le secteur agricole (WMO, 2019 : 9-11). Cela est valable en Afrique où les investissements pour une agriculture durable sont nécessaires. En effet, Usher J. *et al.* (2018 : 13-14) notent qu'un investissement de 1,5 à

2 milliards \$ US (400 millions \$ US/an pour la maintenance) permet d'avoir des SCM de bonne qualité. Ainsi, Roudier P. (2021 : 42-43) note que pour cela, il faut évaluer diligemment les initiatives existantes de SCM, répertorier les utilisateurs et jauger leurs niveaux de connaissances climatiques. Cela aiderait à mieux apprécier l'utilité des SCM pour tous les secteurs afin de proposer des plaidoyers sur la plus-value des SCM.

Cette recherche met l'accent sur la pluviométrie, le paramètre le plus limitant pour l'agriculture (Dibi Kangah P.A., 2010 : 3). Elle analyse les relevés des pluies de la Direction de la Météorologie Nationale située au sein de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM) de Côte d'Ivoire et exploite des documents relatifs aux perspectives de résiliences et de stratégies d'adaptations. Ainsi, 34 postes d'observations météorologiques uniformément repartis sur le territoire ivoirien et couvrant 1951 à 2020 sont retenus. Globalement, l'OMM recommande une période d'au moins 30 ans (normale) pour les études climatologiques (OMM, 2011 : 1 ; IPCC, 2014 : 1). En conséquence, cette période d'étude est assez significative pour bien mener cette recherche. Les qualités et régularités de ces données de pluie ont été contrôlées avec la méthode des doubles cumuls. En conformité avec les objectifs de cette recherche, plusieurs analyses ont été effectuées. Le régime des pluies a permis d'identifier les saisons. Pour ce faire, le coefficient pluviométrique est utilisé (Réméniéras G., 1986 : 201-203). Sa technique est basée sur la répartition des hauteurs de pluie entre différents mois de l'année au moyen de l'expression mathématique suivante :

$$C_i = \frac{P_i}{\frac{P_a}{365}} * n = \left(\frac{365}{n} \right) * \frac{P_i}{P_a}$$

Avec : C_i = coefficient pluviométrique, P_i = pluviométrie mensuelle, P_a = hauteur annuelle de pluies et n = nombre de jours dans le mois.

En outre, l'Analyse en Composantes Principales avec rotation varimax est utilisée pour vérifier la représentativité des postes retenus. Les variables d'entrée spatiale sont les 34 stations et celles d'entrée temporelle sont les pluies moyennes mensuelles de 1951 à 2020. Le nombre de composantes à retenir s'est fait à l'aide du « scree test » qui stipule que seules les composantes principales dont les valeurs propres sont supérieures à un (1) devraient être conservées (Cattell R., 1966 : 247-270 ; Dibi Kangah P.A., 2010 : 70-71). Pour une meilleure synthétisation des résultats, la suite de l'étude est focalisée sur les 14 stations synoptiques. Ainsi, les indices centrés réduits sont calculés pour évaluer la variation interannuelle des pluies (Dibi Kangah P.A., 2010 : 73). Sa construction implique la standardisation des informations pour une station donnée en soustrayant sa moyenne à long terme et en divisant par son écart-type (Lamb P. J., 1982 : 46-47 ; Nicholson *et al.*, 2000 : 2629-2630 ; Dibi Kangah, 2010 : 73; Coulibaly K.A. *et al.*, 2019 : 7). Les variables centrées réduites permettent d'apprécier les écarts entre la valeur annuelle par rapport à la moyenne d'une période de référence. Partant, un indice positif correspond à une année excédentaire tandis qu'un indice négatif équivaut à une année déficitaire. Les indices sont calculés à partir de la formule suivante :

$$I = \frac{X_i - M}{\sigma}$$

Où : I = indice pluviométrique de l'année i, X_i = pluie de l'année i, M = moyenne pluviométrique 1951-2020 et σ = écart type pluviométrique de 1951-2020. De même, avec le filtre non-récurusif passe-bas de Hanning d'ordre 2 (moyennes mobiles pondérées centrées réduites), un examen des variations interannuelles a été obtenu en éliminant les fluctuations ponctuelles (Paturel J.-E. *et al.*, 1998 : 941 ; Kanohin *et al.*, 2012 : 196-210). Ainsi, les formules suivantes sont utilisées :

$$X'_t = 0,06X_{t-2} + 0,25X_{t-1} + 0,38X_t + 0,25X_{t+1} + 0,06X_{t+2}$$

Pour $3 \leq t \leq (n-2)$ où X_t = cumul du facteur climatique pondéré et t = année courante. Avec n étant la taille de la série, les totaux du paramètre climatique pondérés des deux premiers (X'_1 et X'_2) et deux derniers (X'_{n-1} et X'_n) termes de la série sont calculés à travers les expressions suivantes:

$$\begin{aligned} X'_1 &= 0,54X_1 + 0,46X_2 \\ X'_2 &= 0,25X_1 + 0,50X_2 + 0,25X_3 \\ X'_{n-1} &= 0,25X_{n-2} + 0,50X_{n-1} + 0,25X_n \\ X'_n &= 0,54X_n + 0,46X_{n-2} \end{aligned}$$

En outre, le test de Pettitt est appliqué aux séries chronologiques pour détecter les ruptures (Soro T.D. *et al.*, 2011 : 58-60). Il a l'avantage d'être moins sensible aux valeurs singulières. C'est un test non-paramétrique, résultant de celui de Mann-Whitney. Le test de Pettitt postule que l'absence de rupture dans une série X_i de taille N constitue l'hypothèse nulle. Sa mise en œuvre suppose que pour un instant t compris entre 1 et N, les séries chronologiques (X_i) $i = 1$ à t et t + 1 à N appartiennent à la même population. Ce test repose sur le calcul de la variable $U_{t,N}$ définie par :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

Où $D_{ij} = \text{sgn}(X_i - X_j)$, avec $\text{sgn}(X) = 1$ si $X > 0$; 0 si $X = 0$ et -1 si $X < 0$.

Si K désigne la valeur de K_N prise sur la série étudiée, sous l'hypothèse nulle, la probabilité de dépassement de la valeur K est donnée approximativement par : $\text{Prob}(K_N > K) \approx 2 \exp(-6K^2 / N^3 + N^2)$

Pour un risque α de première espèce donnée, si $\text{Prob}(K_N > K)$ est inférieure à α l'hypothèse nulle n'est pas rejetée. Au cas où elle est rejetée, une estimation de la date de rupture est donnée par l'instant t définissant le maximum en valeur absolue de la variable $U_{t,N}$. Dans cette étude, l'année de rupture retenue est celle au cours de laquelle a lieu la principale rupture. Toutefois, il faut noter que si aucune rupture n'est détectée, la variabilité interannuelle et la tendance sont alors appliquées à la série chronologique. Le changement de signe dans la courbe de tendance montre une rupture dans la série. Si la série chronologique présente une rupture, la significativité statistique des moyennes est évaluée avec le test de comparaison des moyennes ou test de Student

$$(t) : t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

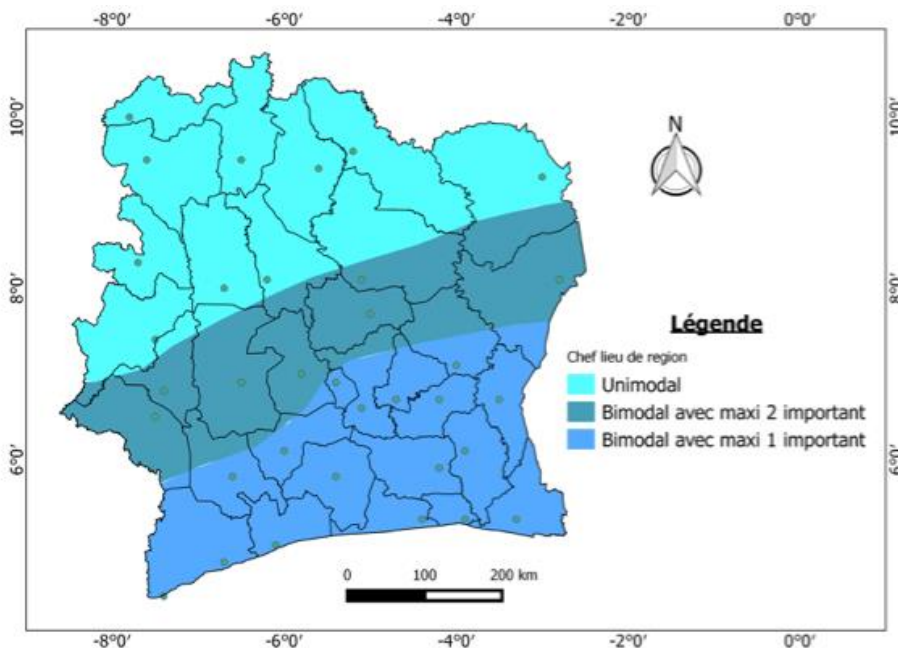
$$\text{Avec : } S^2 = \frac{\sum(X_{1,i} - \bar{X}_1)^2 + \sum(X_{2,i} - \bar{X}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Où \bar{X}_1 et \bar{X}_2 sont les moyennes des échantillons X_1 ; X_2 supposés indépendants et distribués suivant une loi normale ; n_1 et n_2 symbolisent les effectifs respectifs des deux échantillons. La valeur de t calculé est comparée à celle de t lu dans la table de Student-Fisher pour un degré de liberté $(n_1 + n_2 - 2)$.

3. Résultats et discussion

Les coefficients pluviométriques des 34 postes ivoiriens révèlent globalement deux régimes de pluie très distincts, à savoir unimodal (une seule saison pluvieuse) et bimodal (deux saisons humides). Cependant, de façon spécifique, le régime bimodal présente des nuances selon les maxima de pluie et leur occurrence. Cependant, ces régimes discernent trois zones homogènes regroupant les stations de mêmes caractéristiques pluviométriques (Figure 2). De plus, la répartition spatiale des postes révèle un gradient des pluies qui décroît du Sud au Nord. Ceci reflète également la diversité des saisons pluvieuses (Dibi Kangah, 2010 : 27).

Figure 2 : Régimes pluviométriques en Côte d'Ivoire sur la période 1951-2020



Dans la première zone, le régime unimodal des pluies éclot au nord de l'axe Bouna-Man. Il couvre les stations de Bouna, Boundiali, Ferkessedougou, Korhogo, Man, Mankono, Minignan, Odienné, Séguéla et Touba qui ont un seul maximum (environ 230 mm) en août ou septembre. D'une durée de trois (juillet à septembre) à quatre (juin à septembre) mois, c'est la seule saison pluvieuse où le besoin en eau des plantes est optimum. Ces mois reçoivent plus de 60% du cumul pluviométrique annuel. La seconde zone, située en dessous de l'axe Bouna-Man, a un

régime bimodal de pluie qui apparaît dans le centre de la Côte d'Ivoire. Elle regroupe les postes d'observation de Bondoukou, Bouaflé, Bouaké, Daloa, Duékoué, Guiglo et Katiola. Le premier maximum des pluies (en moyenne 140 mm) en juin est moins important que le second (environ 160 mm) en septembre. En outre, ce régime ressemble un peu à celui de la première zone (unimodal au Nord) parce que non seulement son deuxième maximum est plus important, mais également il s'observe dans le même mois (septembre). La troisième zone, circonscrite au Sud jusqu'au littoral, a un régime bimodal et regroupe les stations d'Abidjan, Abengourou, Adiaké, Adzopé, Agboville, Bongouanou, Daoukro, Dabou, Divo, Dimbokro, Gagnoa, San-Pedro, Sassandra, Soubré, Tabou, Toumodi et Yamoussoukro. Son premier maximum pluviométrique (en moyenne 530 mm) en juin, est plus important que le second (environ 150 mm) qui se situe en octobre-novembre. De plus, la première saison pluvieuse d'avril-juin (AMJ) constitue 55% des quantités précipitées tandis que la seconde en septembre-novembre (SON) n'engendre que 20% des hauteurs annuelles de pluie.

Ces différents types de régimes pluviométriques définissent les saisons humides où l'eau est disponible et sans contrainte pour l'agriculture pluviale. Cependant, leurs durées sont variables d'une zone à l'autre. Les limites entre les régimes pluviométriques doivent être considérées comme des zones de transition dans le cadre de cette recherche tel qu'indiqué par ACMAD (2006 : 1), dans la présentation des prévisions saisonnières des pluies en Afrique de l'Ouest. Ce focus sur les saisons peut aider les décideurs et acteurs du monde agricole à élaborer les calendriers culturels et mieux planifier les opérations agricoles tels que le labour, le semis, le désherbage, la récolte, etc. Cela justifie aussi les disparités du potentiel agricole national avec la dominance régionale de certaines cultures comme le maïs au Nord, le riz au Centre et le manioc au Sud (Dibi Kangah, 2010 : 78-82). La suite des analyses se focalise sur les 14 stations synoptiques (Tableau 1) à savoir Korhogo, Man et Odienné (régime unimodal), Bondoukou, Bouaké et Daloa (bimodal proche d'unimodal), et Abidjan, Adiaké, Dimbokro, Gagnoa, San Pedro, Sassandra, Tabou et Yamoussoukro (bimodal).

Tableau 1 : Années de rupture, des moyennes pluviométriques et de leurs variations

Stations	Année de rupture	Moyenne avant rupture (mm)	Moyenne après rupture (mm)	Variation (%)	Significativité statistique des moyennes
Korhogo	1998	1233,3	1073,1	-13,0	Significatif
Odienné	1982	1608,6	1291,3	-19,7	Significatif
Bondoukou	1978	1164,0	1027,0	-11,8	Significatif
Bouaké	1989	1137,8	1041,3	-8,5	Significatif
Daloa	1997	1201,0	1245,7	3,7	Non significatif

Man	1966	1782,2	1515,2	-15,0	Significatif
Dimbokro	1976	1206,1	1078,2	-10,6	Significatif
Yamoussoukro	1992	1100,6	1186,6	8,1	Significatif
Gagnoa	1966	1625,2	1378,6	-15,2	Significatif
Adiaké	1982	2113,9	1605,5	-24,0	Significatif
Abidjan	1982	2141,1	1629,8	-23,9	Significatif
Sassandra	1974	1797,1	1344,1	-25,2	Significatif
San-Pedro	1999	1347,5	1477,5	9,7	Non significatif
Tabou	1992	2387,0	2192,2	-8,2	Significatif

Les 14 stations retenues sont représentatives des trois zones homogènes et synthétisent mieux les résultats qui suivent. Le tableau 1 révèle au moins une rupture dans les séries chronologiques. Cette séparation se situe durant les décennies 1960 et 1970 (Bondoukou, Man, Dimbokro, Gagnoa et Sassandra, soit 35,7% des postes), puis, au cours de celle de 1980 (Odienné, Bouaké, Abidjan et Adiaké, soit 28,6% des stations) et après la décennie 1990 (Korhogo, Daloa, Yamoussoukro, San Pedro et Sassandra, soit 35,7% des postes). Il faut noter que les stations ayant de longues séries présentent une rupture entre les décennies 1970 et 1980, exceptées Gagnoa et Man où la scission se situe dans celle de 1960. En revanche, les stations de courtes séries (créées à partir de 1970) dévoilent une rupture après la décennie 1990. Il s'agit de Korhogo, Yamoussoukro et San-Pedro. Ces résultats concordent avec ceux de Diomandé B.I. *et al.* (2014 : 23-35), Fossou R.M.N. *et al.* (2015 : 97-120), Dekoula C.S. *et al.* (2018 : 13199-13212) en Côte d'Ivoire et en Afrique de l'Ouest. Les hauteurs de pluie avant et après les ruptures révèlent des variations. Entre 1951 et 2020, une chute des quantités précipitées par rapport à la moyenne à long terme est observée dans 11 sur 14 stations, soit 79%. Seules Daloa, Yamoussoukro et San Pedro enregistrent une hausse. De plus, les stations présentant une baisse sont caractérisées par des excédents au cours de la décennie 1950 et des conditions normales à déficitaires durant celles de 1980 et 1990. Les variations pluviométriques de 12 stations sur 14 sont statistiquement significatives. La quasi-totalité de ces postes ont enregistré une baisse de 8 à 25% des pluies après l'année de rupture. Seules, Daloa et San-Pédro enregistrent des hausses non statistiquement significatives de 3,7 à 9,7% après l'année de rupture. Ces résultats coïncident avec les changements de régimes pluviométriques notés par Paturel *et al.* (1998 : 945-946), Dibi Kangah P.A. (2010 : 74) ainsi que Diomandé B.I. *et al.* (2018 : 23-35). Ces auteurs ont retenu cinq caractéristiques décennales à savoir (1) forte pluie pour 1930 ; (2) faible pluviométrie pour 1940 ; (3) pluie abondante pour 1950 ; (4) sécheresse à la fin des années 1960 et début 1970 ; et (5) diminution pluviométrique pour 1980 et 1990. Nonobstant, la Côte d'Ivoire a renoué avec un regain des quantités précipitées durant les décennies 2000. Ces conclusions attestent d'une répartition aléatoire de la pluviosité qui est un facteur indicatif de modification des dates de début et fin de saisons humides et une réduction des périodes végétatives.

Ainsi, la baisse récurrente avérée des pluies perturbe les activités agricoles (Dibi Kangah P.A., 2010 : 73-76). Ce dérèglement a des répercussions sur l'agriculture pluviale, qui est hyper-dépendante des pluies et vulnérable à ses fluctuations (N'Da K.C. *et al.*, 2016 : 87). La production agricole et la sécurité alimentaire sont ainsi fragilisées et aggravent les défis existants comme la pauvreté, la dégradation des écosystèmes (détérioration des terres, accroissement du risque d'incendies de forêt) et les conflits fonciers (rivalités entre agriculteurs et éleveurs). Cela contribue à affaiblir davantage la résilience et la capacité adaptative des populations pour asseoir un développement agricole durable (IPCC, 2014 : 1). Cet auteur note aussi que cela concourt à l'augmentation des populations touchées, qui subissant de fortes pressions, sont incitées à migrer massivement en quête d'habitat, d'eau potable et de nourriture. Ainsi, les défis et stress hydriques qui sont des manifestations des variabilités climatiques, traduisent une fréquence d'événements extrêmes (inondation et sécheresse) et des risques de disparition des espèces animales et végétales à cause de la modification des écosystèmes et de la biodiversité. Ainsi, la variation des pluies est devenue un défi sérieux pour une agriculture durable en Côte d'Ivoire. Il faut donc anticiper avec des actions efficaces afin d'atténuer les émissions anthropiques de gaz à effet de serre ; mais surtout déployer des mesures de résilience et/ou mettre en place des stratégies d'adaptation. Bien que la pauvreté reste un défi majeur dans la plupart des cas, la réduction des facteurs de vulnérabilité augmente les capacités de résilience et d'adaptation des populations ivoiriennes. Subséquemment, IPCC (2014 : 1) souligne que les effets des caprices de la pluviométrie démontrent que la résilience et l'adaptation ne sont plus un choix, mais une nécessité en Afrique. Partant, les agriculteurs développent plusieurs options adaptatives et de résilience pour surmonter les diverses pressions pluviométriques. Ces actions incluent une diversification des activités socio-économiques avec l'adoption de projets lucratifs et une attention aux informations saisonnières afin de modifier les opérations agricoles. Ainsi, des actions comme l'assistance météorologique au monde rural ont été conduites dans certains pays d'Afrique de l'Ouest pour aider les producteurs ruraux à mieux s'adapter (Diarra D. et Dibi Kangah P., 2007 : 60-70 ; Dibi Kangah P. et Koné M., 2015 : 20-22). Ils notent aussi que les initiatives primordiales intègrent à la fois la science, l'éducation, l'environnement, la sensibilisation et l'éthique pour une agriculture durable. Une coopération intersectorielle et interdisciplinaire s'avère essentielle. Ainsi, pour mieux établir une évaluation des SCM pour le secteur agricole, Vaughan C. *et al.* (2019 : 20-25) et Roudier P. (2021 : 40-44) ont révisé plusieurs études en Afrique. Ils révèlent que 23 sur 54 pays (dont la Côte d'Ivoire) n'ont pas ce genre de recherches, alors que certains ont développé leur cadre national des SCM. En outre, ils attestent que l'accès à l'information climatique des utilisateurs est contrasté et relativement faible en Afrique Occidentale. En effet, 22% des agriculteurs au Burkina Faso y ont accès contre 74% en Afrique de l'Est. Malgré cette différence, les SCM qui parviennent aux utilisateurs ont un impact positif. Roudier P. *et al.* (2016 : 170-178) considèrent que les SCM ont augmenté le rendement du mil (+15%) au Niger et de l'igname (+17%) au Ghana. Ces résultats

montrent un intérêt pour les SMS afin d'ajuster les stratégies culturelles, le choix des variétés culturelles et des quantités d'intrants en amont de la saison culturelle (Oyekale A. S. *et al.*, 2015 : 14605 ; Zongo B. *et al.*, 2016 : 180). De plus, les prévisions à court terme aident à gérer les opérations agricoles et le calendrier culturel (semis, récolte, labour, etc.). Toutefois, il faut souligner qu'à ce jour, les prévisions sont plus utiles pour les cultivateurs que pour les éleveurs. Ces derniers font encore usage de leurs savoirs traditionnels. Cela est notamment dû au fait que les prévisions ne prennent pas suffisamment en compte leurs intérêts comme la disponibilité des pâturages (Roudier P., 2021 : 43).

Par ailleurs, à travers une modélisation macro-économique, Rodrigues J. *et al.* (2016 : 10-15) montrent que des prévisions saisonnières à la précision parfaite pourrait générer un impact de plus de 113 millions \$ US/an sur le PIB des pays comme le Kenya, le Malawi, le Mozambique, la Tanzanie et la Zambie. Cependant, ils soulignent que si les exploitants sont généralement gagnants, il existe des cas où ils peuvent perdre en suivant une prévision erronée. En effet, même si les fausses prévisions sont relativement rares, Roudier P. *et al.* (2016 : 170-178) estiment que cela pourrait arriver dans environ 20% des cas. Partant, les prévisions peuvent être problématiques si aucune sécurité comme l'assurance agricole n'existe pour les producteurs qui risquent ainsi de tomber dans une trappe à pauvreté (Dibi Kangah P.A., 2010 : 258-267 ; Rodrigues J. *et al.*, 2016 : 14). De plus, Carr E.R. et Onzere S.N. (2017 : 90-95) soulignent qu'au Mali, les SCM bénéficient surtout aux agriculteurs les plus riches (qui ont plus de capacité de réaction) et aux hommes qui sont généralement sur-représentés dans les enquêtes de besoins.

Au regard des déficiences relevées, il s'avère vital de combler les lacunes identifiées, informer et sensibiliser suffisamment les décideurs, les politiques et la population, vérifier et documenter l'impact des SCM, renforcer les capacités et encourager les approches novatrices. Pourtant, IPCC (2014 : 1), Dibi Kangah P.A. (2015a : 27), Dibi Kangah P.A. et Anoh J.-D. H. (2016 : 140-159) notent que diverses mesures de résilience et stratégies d'adaptation pourraient être bénéfiques et en conformité avec les recommandations de IPCC (2014 : 289). Ils émettent « d'une part, qu'il est nécessaire de limiter... en réduisant les émissions de gaz à effet de serre au niveau global pour éviter... l'apparition d'évènements irréversibles à grande échelle... d'autre part, des efforts accrus et une adaptation planifiée à différents niveaux seront nécessaires pour réduire la vulnérabilité des populations ». Les processus de Plan National d'Adaptation (PNA) en Côte d'Ivoire sont une bonne ébauche pour une agriculture durable en Côte d'Ivoire (Dibi Kangah P.A., 2015a : 2-10 ; Dibi Kangah P.A. et Koné M., 2015 : 20-22 ; N'Da K.C. *et al.*, 2016 : 100-104). Le PNA est un challenge parce que ses actions portent sur les activités prioritaires comme l'agriculture, les écosystèmes, les ressources en eau, etc. Le PNA va certainement aider les populations à juguler les effets des variabilités pluviométriques en Côte d'Ivoire. De plus, les mesures de résiliences et stratégies d'adaptation du processus PNA donnent l'opportunité (1) de renforcer les capacités des populations et décideurs politiques ; (2) d'améliorer le cadre institutionnel en intégrant les changements des pluies dans les planifications et projets de

développement ; et (3) de mettre l'accent sur les activités de résilience et de bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques.

4. Conclusion

Cette analyse a confirmé que la variabilité du climat n'est pas un mythe mais plutôt une réalité et un défi majeur en Côte d'Ivoire. Comme tous pays du monde, elle subit les effets néfastes de la variation pluviométrique. Les efforts pour évaluer la gravité de ce phénomène montrent que la Côte d'Ivoire est consciente des conséquences qui entravent au développement d'une agriculture durable. Pour ce faire, elle doit s'engager dans un processus irréversible de résilience tout en s'impliquant dans les stratégies adaptatives. Cette approche aidera à mieux cerner les opportunités de renforcement des capacités et de transferts de technologies d'adaptation aux effets dommageables des caprices des pluies irrégulières pour garantir un développement agricole durable. En outre, il serait opportun de renforcer l'accès et l'utilisation des Services Climatiques et Météorologiques (SCM) en élargissant différents types d'informations dans divers systèmes agricoles et en approfondissant la compréhension du rôle que jouent les obstacles et les catalyseurs. Par ailleurs, il faut explorer un éventail plus large d'impacts, y compris sur l'environnement et/ou la société. Les études actuelles se focalisent souvent sur les rendements agricoles alors que l'effet sur les revenus pourrait être pris en compte tout comme le gain de biodiversité, la pollution des ressources en eau etc. Partant, il faut articuler une vision plus claire de la robustesse des estimations des impacts. Il est également important de vérifier la gamme des utilisateurs (agro-industrie, ONG, gouvernements, éleveurs) au lieu de focaliser majoritairement sur les producteurs. Enfin, l'analyse des SCM doit prendre en compte leur qualité qui dépend clairement de la fiabilité et de l'ergonomie de ceux-ci.

Références bibliographiques

Bibliographie

African Centre of Meteorological Application for Development, ACMAD. (2006). Préviation des pluies pour saison Juillet-Août-Septembre 2006. Rapport ACMAD, 1p.

Carr E. R., Onzere S. N. (2017). Really effective (for 15% of the men): Lessons in understanding and addressing users' needs in climate services from Mali. *Climate Risk Management*, pp. 82-95.

Cattell R. B. (1966). The scree test for number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1, pp. 245-276.

Coulibaly K. A., Dibi Kangah P. A., Koli Bi Z. (2019). Variations interannuelles récentes des paramètres climatiques majeurs en Côte d'Ivoire depuis 1951. *Climat et Développement*, N°26, pp. 5-16.

Dekoula C. S., Kouamé B., N'Goran K. E., Ehounou J. N., Yao G. F., Kassin K. E., Kouakou J. B., N'Guessan A. E. B., Soro N. (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. *J. of Applied Biosc.*, 130, pp. 13199-13212.

Diarra D., Dibi Kangah P. (2007). Agriculture in Mali. *Hellmuth, M.E., Moorhead, A., Thomson, M.C., and Williams, J. Climate risk management in Africa: Learning from practice*, IRI Publication Series N°1, pp. 59-74.

Dibi-Anoh P. A. (2021). *Changement Climatique en Afrique Subsaharienne : de la Vulnérabilité à l'Adaptation*, Republic of Moldova - Generis Publishing, 694p.

Dibi Kangah P. A. (2010). *Rainfall and agriculture in Central West Africa since 1930: Impact on socioeconomic development*. Saarbrücken, LAP-LAMBERT Ac. Pub., 304p.

Dibi Kangah P. A., Touré A. T., Koli Bi Z. (2015). Les manifestations récentes de l'harmattan sur le littoral Ivoirien. *LSH, Anyasã*, N°3, pp. 159-175.

Dibi Kangah P. A., Koné M. (2015). Climate related risks (droughts and floods) on agriculture: Awareness on building resilience and increasing mitigation in Côte d'Ivoire. *GPL News* N°11, pp. 19-22.

Dibi Kangah P. A. (2015a). *Rapport de recensement et de feuille de route dans le cadre du processus du Plan National d'Adaptation (PNA) de la Côte d'Ivoire*, Rapport PNCC, 27p.

Dibi Kangah P. A. (2015b). Développement de l'économie cacaoyère et conflits fonciers dans le Sud forestier ivoirien. *LARDYMES-Ahoho*, N°15, pp. 1-11.

Dibi Kangah P. A., Anoh J. D. H. (2016). Aléas pluviométriques et développement durable en Côte d'Ivoire. *Cahiers du CBRST*, N°10, pp. 140-159.

Dibi Kangah P. A., Mian K. A. (2016). Analyse agroclimatique de la zone cacaoyère en Côte d'Ivoire. *Revue RGO*, N°5, Vol. 1, pp. 45-68.

Diomandé B. I., Coulibaly K. A., Mahé G. (2014). Baisse du bilan hydrologique et ses impacts dans le Denguélé (nord-ouest de la Côte d'Ivoire). *Clim, et Dév.*, N°16, pp. 23-35.

Fossou R. M. N., Lasm T., Soro N., Soro T., Soro G., De L. O. Z., Baka D., Onetie O. Z., Orou R. (2015). Variabilité climatique et son impact sur les ressources en eaux souterraines : cas des stations de Bocanda et de Dimbokro - centre-est de la Côte d'Ivoire (Afrique Ouest). *Larhyss Journ*, N°21, pp. 97-120.

Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the IPCC team Pachauri R. K. and Meyer L. A. (eds.), Geneva-Switzerland, 151 p.

Kanohin F. O., Saley M. B., Aké G. E., Savané I. (2012). Variabilité climatique et productions de café et cacao en zone tropicale humide : cas de la région de Daoukro (centre-est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, N° 2-Vol.1, pp. 194-215.

Lamb P. J. (1982). Persistence of subsaharan drought. *Nature*, Vol.299, pp. 46-47.

N'Da K. C., Dibi-Kangah P., Noufé D., Djè K. B., Koli Bi Z. (2016). Changement climatique : quelques aspects de la variabilité

climatique dans le bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire. *RSS-PASRES* N°10, pp. 86-104.

Nicholson S. E., Somé B., Koné B. (2000). An Analysis of Recent Rainfall Conditions in West Africa, Including the Rainy Seasons of the 1997 El Niño and the 1998 La Niña Years. *J. of clim. America Meteor Society*, Vol.13, pp. 2628-2640.

Organisation Météorologique Mondiale-OMM (2011). *Guide des pratiques climatologiques*, Rapport OMM-N° 100, Genève, Suisse, 152 p.

Oyekale A. S. (2015). Access to risk mitigating weather forecasts and changes in farming operations in East and West Africa. *Evidence from a baseline survey. Sustainability*, 7(11), pp. 14599-14617.

Paturol J. E., Servat E., Kouamé B., Boyer J. F., Lubes-Niel H., Masson J. M. (1996). Procédure d'identification de ruptures dans des séries chronologiques - modification du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest non sahélienne. *Chevallier et Pouyaud, L'hydrologie tropicale : géoscience et outil pour le développement*, IAHS, N° 238, pp. 99-110.

Paturol J. E., Servat E., Delattre M. O., Lubes-Niel H. (1998). Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Journal des Sciences Hydrologiques*, N°6-Vol.43, pp. 937-946.

Réméniéras G. (1986). *L'hydrologie de l'ingénieur*, Paris, Eyrolles, 456p.

Rodrigues J., Thurlow J., Landman W., Ringler C., Robertson R., Zhu T. (2016). *The economic value of seasonal forecasts stochastic economywide analysis for East Africa*. Rapport IFPRI Washington, DC., 32p.

Roudier P. (2021). Les Services Climatiques et Météorologiques (SCM), in *Pauline A. Dibi-Anoh (Changement Climatique en Afrique Subsaharienne : de la Vulnérabilité à l'Adaptation*, Republic of Moldova, Generis Publishing, pp. 40-44.

Roudier P., Alhassane A., Baron C., Louvet S., Sultan B. (2016). Assessing the benefits of weather and seasonal forecasts to millet growers in Niger. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 223, pp.168-180.

Société D'Exploitation et de développement Aéroportuaire, aéronautique et Météorologique-SODEXAM (2021). *Archives climatologiques de la Côte d'Ivoire*, Rapport, Côte d'Ivoire.

Soro T. D., Soro N., Oga Y. M. S., Lasm T., Soro G., Ahoussi K. E., Biémi J. (2011). La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (sud-ouest de la Côte d'Ivoire). *Physio-Géo*, Vol. 5, pp. 55-73.

Usher J., Phiri C., Linacre N., O'Sullivan R., Qadir U. (2018). *Climate Information Services Market Assessment and Business Model Review, USAID-supported Assessing Sustainability and Effectiveness of Climate Information Services in Africa project*, Rapport, Washington, DC, USA, 33p.

Vaughan C., Hansen J., Roudier P., Watkiss P., Carr E. (2019). *Evaluating agricultural weather and climate services in Africa: Evidence, methods, and a learning agenda*, Rapport WIREs Climate Change, 33p

World Meteorological Organization, WMO. (2019). *State of climate services: agriculture and food security*, Rapport WMO-N° 1242, Geneva, Switzerland, 44p.

Zongo B., Diarra A., Barbier B., Zorom M., Yacouba H., Dogot T. (2016). Farmers' Perception and Willingness to Pay for Climate Information in Burkina Faso. *Journal of Agricultural Science*, N°1-Vol. 8, pp.175-187.

Webographie

Institut National de la Statistique-Recensement General de la Population et de l'Habitat, INS-RGPH. (2021). Résultats Globaux Définitifs 2021, [Consulté le 10 octobre, 2022]. https://www.gouv.ci/_actualite-article.php?recordID=13769

Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. (2022). <https://agriculture.gouv.ci>, [Consulté le 10 octobre, 2022].

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire. (2022). <https://agriculture.gouv.fr/cote-divoire-contexte-agricole-et-relations-internationales>, [Consulté le 10 octobre, 2022].