

Évolution des agrosystèmes et contribution des services climatiques pour les agriculteurs d'Abidjan Port-Bouët et Grand-Bassam au sud-est de la Côte d'Ivoire

Kouassi Geofroy BROU

geofroybrou@gmail.com

Jean Marie Kouacou ATTA

jeanmarie_kouac@yahoo.fr

Angoua Joseph ANGOUA

angoua.joseph@hotmail.com

Kolotioloma Alama COULIBALY

kcoulibaly2@yahoo.fr

Kouadio Christophe N'DA

christndak@gmail.com

Pauline Agoh DIBI-ANOH

line237@yahoo.com

Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Côte d'Ivoire

Résumé

Les variations des paramètres climatiques, associées à la dégradation du couvert végétal due aux activités humaines, entraînent un appauvrissement des sols durant les périodes de fortes pluies. Cette perte des éléments fertiles du sol pousse les agriculteurs à déplacer leurs activités vers des zones humides telles que les bas-fonds, les cuvettes et les vallées. Ces espaces, cependant, restent vulnérables aux phénomènes climatiques extrêmes comme les inondations et les pluies intenses. Cette étude vise à mettre en évidence la contribution des services climatiques dans l'amélioration des agrosystèmes, en intégrant des informations climatiques spécifiques à l'agriculture pour renforcer la résilience des producteurs. Les méthodologies employées incluent le calcul de l'indice standardisé des pluies (ISP), l'analyse du régime pluviométrique pour détecter les tendances climatiques, l'utilisation d'indices d'extrêmes climatiques (RX5day, CDD, CWD, R99p) pour évaluer leurs impacts sur les agrosystèmes, ainsi que des techniques de télédétection. Les résultats montrent une augmentation des cumuls pluviométriques et une probable intensification des événements climatiques extrêmes. A moyen et long terme, ces phénomènes pourraient accentuer les inondations, les glissements de terrain et l'érosion des sols. Néanmoins, l'utilisation des services climatiques, notamment les prévisions des saisons culturales, les prédictions des dates de début et de fin des périodes pluvieuses et sèches, ainsi que les alertes sur les épisodes de fortes pluies, peut aider les agriculteurs à protéger leurs cultures contre les effets négatifs de ces événements climatiques extrêmes.

Mots clés : Abidjan et Grand-Bassam, paramètres climatiques, agrosystème, services climatiques, événements climatiques extrêmes, résilience.

Agrosystems evolution and contribution of climate services for farmers of Abidjan Port-Bouët and Grand-Bassam in the Southeast of Côte d'Ivoire

Abstract

Changes in climatic parameters, combined with the degradation of land cover due to human activities, lead to soil impoverishment during periods of heavy rainfall. This loss of fertile soils leads farmers to shift their activities to wetlands such as lowlands, basins, and valleys. These areas, however, remain vulnerable to extreme climatic phenomena such as flooding and intense rainfall. This study aims to highlight the contribution of climate services in improving agrosystems, by integrating climate information specific to agriculture to strengthen producers' resilience. The methodologies used include calculation of the Standardized Rainfall Index (SRI), analysis of rainfall patterns to detect climatic trends, use of indices of climatic extremes (RX5day, CDD, CWD, R99p) to assess their impacts on agrosystems, and remote sensing techniques. The results show an increase in cumulative rainfall and a probable intensification of extreme climatic events. In the medium and long terms, these phenomena could accentuate flooding, landslides, and soil erosion. Nevertheless, the use of climate services, including crop season forecasts, predictions of the start and end dates of wet and dry periods, and warnings of heavy rainfall events, can help farmers protect their crops against the negative effects of these extreme weather events.

Keywords: Abidjan and Grand-Bassam, climate parameters, agrosystems, climate services, extreme weather events, resilience.

Introduction

Les services climatiques, considérés comme des outils indispensables pour garantir une agriculture durable, font face aux perturbations et transformations induites par les changements du climat. Ils jouent un rôle essentiel dans l'aide à la prise de décision. L'élaboration des services climatiques repose sur l'utilisation des données, prévisions et scénarios climatiques afin de guider les actions d'atténuation et d'adaptation (F. Meza *et al.*, 2008, p. 1269).

Dans les pays en développement, les agriculteurs sont particulièrement vulnérables aux variations climatiques et aux événements météorologiques extrêmes. Ils subissent de manière disproportionnée les impacts du changement climatique (FAO, 2016, p. 27). La capacité à anticiper les fluctuations climatiques sur des échelles de temps allant de quelques jours à plusieurs mois peut considérablement renforcer les stratégies d'adaptation des populations africaines face à ces défis. L'adoption de ces stratégies constitue une première étape pour améliorer les rendements agricoles et réduire les risques de crises alimentaires (B. Sultan, 2017, p. 1).

En Côte d'Ivoire, les impacts de la variabilité climatique se traduisent par des sécheresses récurrentes, des pluies irrégulières, des décalages saisonniers, la diminution des terres arables, l'érosion côtière et des inondations destructrices (K. R. Kouamé *et al.*, 2019, p. 8). L'agriculture ivoirienne, dépendant à 80 % de la pluie, est fortement affectée par cette instabilité (D. D. Noufé, 2015, p. 242). Par ailleurs, les irrégularités pluviométriques entraînent des fluctuations des dates de début, de fin et de durée des saisons pluvieuses, ce qui peut affecter négativement la production agricole (K. A. Coulibaly *et al.*, 2019, p. 11-15). Le littoral ivoirien est l'une des zones les plus exposées aux événements météorologiques extrêmes (F. Ménard *et al.*, 2021, p. 3). Dans ce contexte, la présente étude vise à mettre en évidence l'évolution des agrosystèmes et la contribution des services climatiques pour une amélioration de l'agriculture dans la zone d'Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam.

1. Présentation de la zone d'étude

Située sur le littoral est de la Côte d'Ivoire, la zone d'étude s'étend sur une distance de 42 km allant d'Abidjan Port-Bouët à Grand-Bassam. Elle est bordée par l'océan Atlantique et la lagune Ébrié (Figure 1). Abidjan se trouve à une latitude de 5° 10' nord et une longitude de 3° 45' ouest, couvrant une superficie de 2119 km², dont 566 km² occupés par la lagune. Grand-Bassam est située à la latitude 5° 12' nord et à la longitude 5° 44' ouest pour une superficie de 127 km². Elle dispose de façades sur l'océan Atlantique, la lagune Ébrié et l'embouchure du fleuve Comoé (Kouassi A. M. *et al.*, 2019, p. 209).

La zone d'étude bénéficie d'un climat équatorial chaud et humide caractérisé par un régime pluviométrique bimodal (deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches). Les pluies annuelles dépassent 1500 mm. Les cumuls moyens mensuels varient de 23 mm en janvier (mois le plus sec) à 525 mm en juin (mois le plus pluvieux). Les températures moyennes mensuelles oscillent entre 25 °C en juillet et août (mois les plus frais) à 28 °C en janvier, février et mars (mois les plus chauds) (A. J. Angoua, 2023, p. 119). Le climat de cette zone favorise le développement de diverses cultures maraîchères, notamment la ciboulette, la laitue, la menthe, le chou, le piment, le gombo, le concombre, l'aubergine et l'oignon, etc.

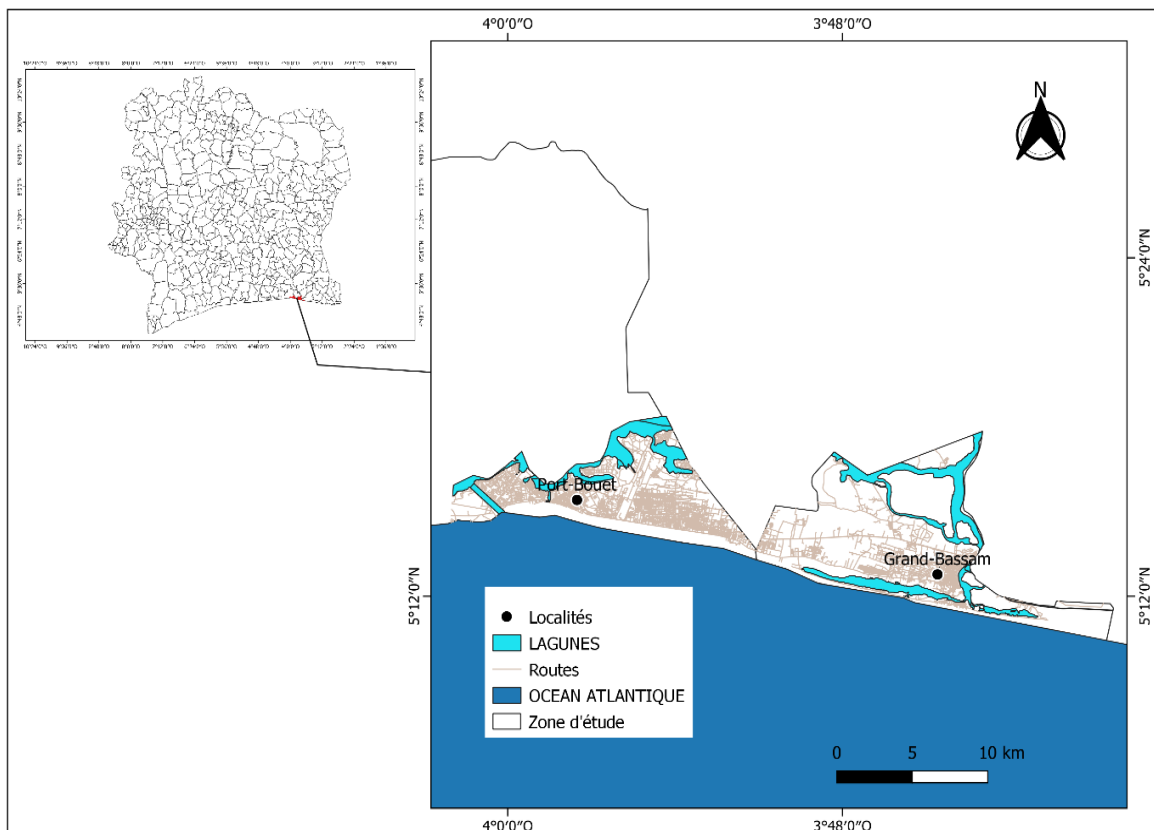


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude allant d'Abidjan Port-Bouët à Grand-Bassam au sud-est de la Côte d'Ivoire

Source : Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement, Google Earth

2. Méthodologie

2.1. DONNEES DE L'ETUDE

2.1.1. Images satellitaires

Des images de 1987 et 2020 respectivement issues des capteurs TM et OLI/TIR ont été sélectionnées afin de produire des cartes illustrant l'évolution des agrosystèmes (espaces exploités par les humains pour l'agriculture). Ces images dotées d'une résolution spatiale de 30 mètres sont fournies par la United States Geological Survey (<http://earthexplorer.usgs.gov>). En plus, des archives d'images de Google Earth ont été exploitées pour la digitalisation des parcelles de cultures maraîchères, souvent confondues avec des sols nus et des habitats (M. Kanda *et al.*, 2017, p. 2).

2.1.2. Données pluviométriques

L'élaboration des services climatiques de cette étude repose sur les données pluviométriques mensuelles observées et projetées. Les valeurs observées de 1981 à 2020 sont collectées à la station synoptique d'Abidjan-aéroport et au poste pluviométrique de Grand-Bassam. Elles sont fournies par la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM) de Côte d'Ivoire. Les données manquantes ont été comblées par des données disponibles sur la plateforme Climate Engine (www.app.climateengine.org).

Les valeurs projetées de la pluie journalière de 2050 à 2100 ont permis de déterminer les extrêmes climatiques. Ces informations futures permettent d'alerter les agriculteurs sur les risques climatiques susceptibles de nuire à leurs activités agricoles. Les valeurs sont extraites à partir des coordonnées géographiques d'Abidjan et Grand-Bassam pour le RCP 4.5, qui correspond au scénario de stabilisation avec à une émission de 4,5 W/m² à l'horizon 2100 (V. Lepousez et M. Aboukrat, 2022, p. 7). Ces projections proviennent de cinq modèles climatiques régionaux issus du programme CORDEX-Afrique (Tableau I).

Tableau I : Liste des modèles climatiques régionaux

Nom du modèle	Institution d'origine	Résolution
CanRCM 4	CCCma, Canada	0,44° x 0,44° (~ 50 km)
CCLMC	CLM Community	0,44° x 0,44° (~ 50 km)
CNRM-CM5_SMHI	SMHI, Suède	0,44° x 0,44° (~ 50 km)
EARTH-DMI_HIRHAM	DMI, Danemark	0,44° x 0,44° (~ 50 km)
EARTH-KNMI_RACMO	KNMI, Pays-Bas	0,44° x 0,44° (~ 50 km)

Source : CORDEX-Afrique

2.2. METHODES DE TRAITEMENT

2.2.1. Evolution des agrosystèmes et cartographie des types de culture

Classification de l'occupation du sol et prétraitement des images

Pour élaborer les cartes d'évolution des agrosystèmes, quatre types d'occupation du sol sont définis et classifiés. Ces différentes catégories sont présentées dans le tableau II.

Tableau II : Typologie des occupations du sol

Classe	Description
Mangrove	Mangrove
Culture/Jachère	Palmier à huile, Cocoteraie Culture maraîchère, Jachère
Habitats/Sol nu	Routes, Espaces aménagés Bâti
Cours d'eau	Lagune, Océan, Fleuve

Source : Nos traitement (2023)

La méthodologie de cartographie des agrosystèmes commence par le prétraitement des images satellitaires pour des corrections atmosphériques et radiométriques. Ces ajustements permettent de corriger les distorsions géométriques et radiométriques afin d'éliminer les effets atmosphériques et d'améliorer la qualité visuelle des images (V. C. Jofack-Sokeng, 2016, p. 75).

Traitement des images

- Compositions colorées et sélection des bandes spectrales

L'identification des éléments à cartographier nécessite la création de compositions colorées basées sur la combinaison de bandes spectrales attribuées aux trois couleurs primaires (rouge, vert, bleu). Après plusieurs tests, les compositions colorées 3-4-5 (image TM) et 3-5-6 (image OLI-TIRS) sont retenues. Ces configurations permettent une meilleure distinction entre les formations naturelles et anthropiques. Elles facilitent la délimitation des sites pour les prospections de terrain.

- Classification supervisée

À partir des données collectées sur le terrain, une classification dirigée par maximum de vraisemblance est réalisée. Cette technique reconnue pour son efficacité en télédétection est basée sur des points d'entraînement identifiés lors des observations (G. Soro *et al.*, 2014, p. 150 ; A. Kangah et Z. Koli Bi, 2015, p. 29 ; Y. C. Sangne *et al.*, 2015, p. 4). Les classifications obtenues sont validées en deux étapes : (1) validation thématique qui est une comparaison visuelle des images classifiées avec les compositions colorées pour vérifier la cohérence des classifications et (2) validation statistique, qui est une analyse de la matrice de confusion pour évaluer la précision globale et le coefficient Kappa.

- Post-traitement et cartographie

Pour améliorer la netteté des classifications, un filtre médian de 3x3 pixels est appliqué pour supprimer les pixels isolés. Les images sont ensuite vectorisées permettant de produire des cartes d'occupation du sol et de calculer les superficies des différentes classes.

- Calculs des taux d'évolution

Les évolutions des classes d'occupation du sol entre 1987 et 2020 sont déterminées à l'aide des formules suivantes.

$$TEG(\%) = \left(\frac{S_2 - S_1}{S_1} \right) * 100$$

Où : TEG = Taux d'Evolution Global, S1= superficie initiale de la classe d'occupation du sol et S2 = superficie finale de la classe d'occupation du sol. Un TEG positif indique une augmentation de la superficie, tandis qu'un TEG négatif traduit une régression.

$$r(\%) = \left(\frac{100}{t_2 - t_1} \right) * \ln \left(\frac{S_2}{S_1} \right)$$

Où : r = Taux d'évolution moyen annuel de la classe i ; S_1 = superficie de la classe i au temps t_1 et S_2 = superficie de la classe i au temps t_2 .

Ces calculs permettent de quantifier les dynamiques de transformation des agrosystèmes entre les années 1987 et 2020 (Puyravaud J. -P., 2003, p. 594 ; M. S. Toyi *et al.*, 2013, p. 64 ; A. Kangah et Z. Koli Bi, 2015, p. 30).

2.2.2. Analyse des services climatiques actuels de 1981 à 2020 et projetés de 2050 à 2100

Indices pluviométriques

Pour évaluer la variabilité de la pluviométrie à Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam, l'Indice Standardisé des Pluies (Standardized Precipitation Index : SPI) a été calculé (Mckee *et al.*, 1993, p. 180). Il permet de mettre en évidence les fluctuations interannuelles de la pluie (Amon J., 2016, p. 15). Cet indice mesure les écarts annuels des pluies par rapport à la moyenne historique. Il est calculé selon l'équation suivante :

$$SPI = \frac{P_i - P_m}{S}$$

Où : SPI = Indice standardisé des Pluies ; P_i = Pluie de l'année i ; P_m = Pluie moyenne de la série et S = Ecart-type de la série. Cet indice permet d'identifier les années déficitaires et excédentaires. Cette méthode offre une vision standardisée des anomalies pluviométriques et permet d'évaluer la fréquence, l'intensité et la durée des périodes sèches ou humides. Le tableau III présente la classification des valeurs de SPI.

Tableau III : Classification de l'Indice Standardisé des Pluies

Valeur du SPI	Caractérisation du SPI
≥ 2	<i>Extrêmement humide</i>
1,5 à 1,99	<i>Très humide</i>
1,0 à 1,49	<i>Modérément humide</i>
-0,99 à 0,99	<i>Proche de la normale</i>
-1,00 à -1,49	<i>Modérément sèche</i>
-1,50 à -1,99	<i>Sévèrement sèche</i>
≤ -2	<i>Extrêmement sèche</i>

Source : Mckee *et al.* (1993)

Régime pluviométrique

Pour analyser les fluctuations du régime des pluies, les hauteurs de pluie mensuelle sont calculées sur des périodes glissantes d'un an par tranche de 30 ans. Cette méthode permet d'identifier d'éventuelles variations dans la dynamique pluviométrique (K. C. N'Da, 2016, p. 89). Ces périodes sont : 1981-2010 ; 1982-2011 ; 1983-2012 ; 1984-2013 ; 1985-2014 ; 1986-2015 ; 1987-2016 ; 1988-2017 ; 1989-2018 ; 1990-2019 et 1991-2020. Cette technique met en évidence les tendances saisonnières et les éventuelles modifications dans la répartition des précipitations.

Extrêmes climatiques

L'analyse des extrêmes s'appuie sur les indices climatiques définis par l'Expert Team on Climate Change Detection and Indices (X. Zhang et F. Yang, 2004, p. 13). Quatre variables reconnues pour leur impact significatif sur les agrosystèmes sont sélectionnées (Tableau IV). Pour le calcul des indices, des moyennes intermodèles de pluie journalière de 2050 à 2100

sont utilisées. Cette approche présente l'avantage de réduire l'incertitude des projections climatiques tout en offrant une vision consolidée des tendances futures.

Tableau IV : Liste des indices climatiques

Abréviation	Nom de l'indice	Définition	Unité
RX5day	Cumul maximal des pluies de cinq jours	Pluie totale maximale sur cinq jours pluvieux consécutifs pendant l'année	mm
R99p	Jour extrêmement pluvieux	Pluie totale annuelle avec pluie jour > 99 ^e percentile	mm
CDD	Jours secs consécutifs	Nombre maximal de jours consécutifs avec une pluie jour < 1 mm	jour
CWD	Jours pluvieux consécutifs	Nombre maximal de jours consécutifs avec une pluie journalière ≥ 1 mm	jour

Source : X. Zhang et F. Yang (2004, p. 13)

Identification des besoins des agriculteurs en services climatiques

Des enquêtes ont été menées auprès des spécialistes de la SODEXAM, principale fournisseuse des services climatiques en Côte d'Ivoire, et de l'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural (ANADER), chargée de l'encadrement des agriculteurs. Les interviews ont porté sur (1) les bulletins agrométéorologiques décennaires, (2) les bulletins climatologiques mensuels, (3) les prévisions climatologiques saisonnières, (4) les avis et conseils. Par ailleurs, des interviews ont été réalisés auprès des agriculteurs pour identifier leurs besoins en services climatiques et les mesures adaptatives qu'ils mettent en œuvre face aux aléas climatiques.

Le traitement des données a permis d'obtenir les résultats qui sont par la suite discutés. Les résultats portent sur les variations des agrosystèmes et les services climatiques pour les agriculteurs d'Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam.

3. Résultats

3.1. VARIATION DES AGROSYSTEMES ENTRE ABIDJAN PORT-BOUËT ET GRAND-BASSAM

La variation des agrosystèmes d'Abidjan Port-Bouët et Grand-Bassam est étudiée entre 1987 et 2020 à travers l'occupation du sol. Cette approche vise à mieux comprendre l'évolution des cultures maraîchères et les mangroves. Les précisions globales des classifications sont de 99,2 % en 1987 et 99,4 % en 2020 à Abidjan, Port-Bouët, et de 98,2 % en 1987 et 99,1 % en 2020 à Grand-Bassam. Ces résultats sont jugés fiables, car une classification est considérée comme acceptable lorsque la précision globale dépasse 80 % (J. R. Landis et G. G. Koch, 1977, p. 165 ; R. Congalton, 1991, p. 165).

3.1.1. Occupation du sol à Abidjan Port-Bouët

Les proportions d'occupation du sol en 1987 et 2020, ainsi que les superficies respectives, sont détaillées dans le tableau V.

Tableau III : Evolution de l'occupation du sol entre 1987 et 2020 à Abidjan Port-Bouët

Type d'occupation	1987		2020		Taux d'évolution 1987-2020	
	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Global (%)	Moyen annuel (%)
Mangrove	99,2	0,81	1,44	0,01	-98,6	-12,8
Culture/jachère	3127,3	25,5	1638,5	13,4	-47,6	-1,6
Habitat/sol nu	4788,8	39,0	6984,6	57,0	45,9	1,1
Plan d'eau	4251,5	34,7	3632,3	29,6	-14,6	-0,5
Total	12266,9	100	12256,9	100		

Source : Nos traitements (2023)

En 1987, les mangroves et les cultures/jachères occupaient respectivement 99,2 ha et 3127,3 ha. Les sols nus/habitations s'étendaient sur une surface de 4788,8 ha, dominant l'occupation du territoire. En 2020, ces sols nus/habitations ont atteint 6984,6 ha. Les aires naturelles ont connu une régression de -98,6 % pour les mangroves et de -14,6 pour les zones aquatiques. De plus, les espaces cultivés ont diminué de -47,6 % passant de 3127,3 ha en 1987 à 1638,5 ha en 2020.

Cette évolution traduit une pression croissante de l'urbanisation et des activités anthropiques sur les écosystèmes naturels, entraînant une diminution des zones cultivées et une perte des mangroves. La figure 2 présente les cartes de l'occupation du sol à Abidjan Port-Bouët en 1987 et 2020, issues de la classification supervisée.

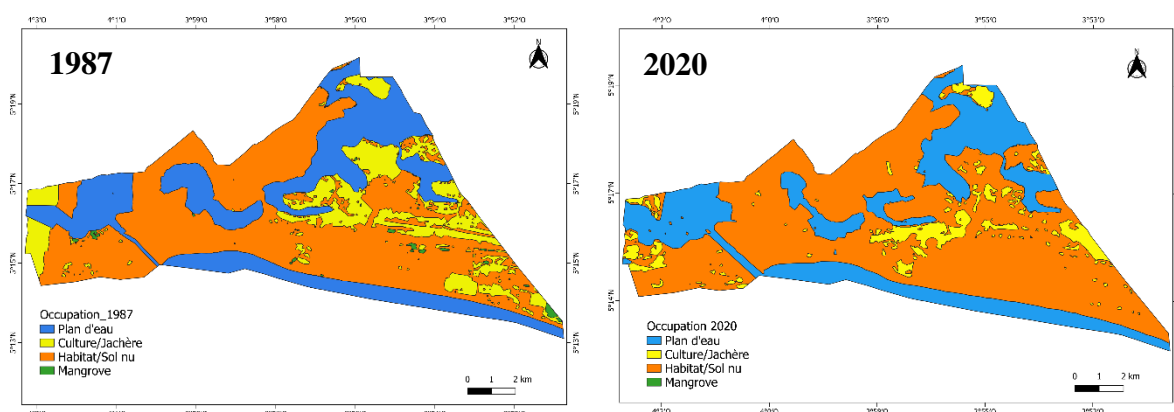


Figure 2 : Evolution de l'occupation du sol à Abidjan (Port-Bouët) entre 1987 et 2020

Source : Imagerie Landsat TM4 et Landsat 8 OLI-TIR

Les résultats indiquent une disparition quasi totale des cultures/jachères et des mangroves au profit des habitats/sol nu entre 1987 et 2020 à Abidjan Port-Bouët. La superficie des mangroves a drastiquement diminué, passant de 99,2 ha en 1987 à 1,44 ha en 2020, soit une réduction globale de -98,6 % équivalant à un taux de recul annuel de -12,8 %. Les cultures/jachères, qui représentaient 25,5 % de la superficie totale en 1987, ont chuté à 13,4 % en 2020, traduisant une régression annuelle moyenne de -1,6 %. En revanche, les zones d'habitat/sols nues ont connu une augmentation passant d'une proportion de 39,0 % en 1987 à 57,0 % en 2020, soit un taux d'évolution annuel moyen de 1,1 %.

3.1.2. Occupation du sol à Grand-Bassam

L'analyse diachronique de l'occupation du sol entre 1987 et 2020 à Grand-Bassam révèle des transformations significatives (Tableau VI).

Tableau VI : Evolution de l'occupation du sol entre 1987 et 2020 à Grand-Bassam

	1987		2020		Taux d'évolution 1987-2020	
	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	Global (%)	Moyen annuel (%)
Mangrove	1410,7	11,1	1018,6	8,0	-27,8	-0,99
Culture/jachère	4759,6	37,4	4755,3	37,3	-0,1	-0,003
Habitat/sol nu	4168,6	32,7	5227,8	41,1	25,4	0,7
Cours d'eau	2395,3	18,8	1732,4	13,6	-27,7	-0,98
Total	12734,2	100	12734,2	100		

Source : Nos traitements (2023)

La mangrove a enregistré une régression globale de 27,8 %. Parallèlement, les zones Habitats/sols nus ont connu une expansion marquée de 25,4 %. En revanche, la superficie des cultures/jachères a diminué de -0,1 %.

La figure 3 montre la répartition spatiale des différents agrosystèmes (cultures vivrières, cultures maraîchères) à Grand-Bassam entre 1987 et 2020. En 1987, les îlots de mangroves étaient localisés au nord et à l'est, tandis que de vastes surfaces agricoles dominaient le centre et la pointe est. Les régions centrales et méridionales étaient principalement occupées par des zones habitées et des sols nus. Cependant, en 2020, une forte diminution de la mangrove est visible, marquée par une urbanisation intense et une réduction des superficies agricoles.

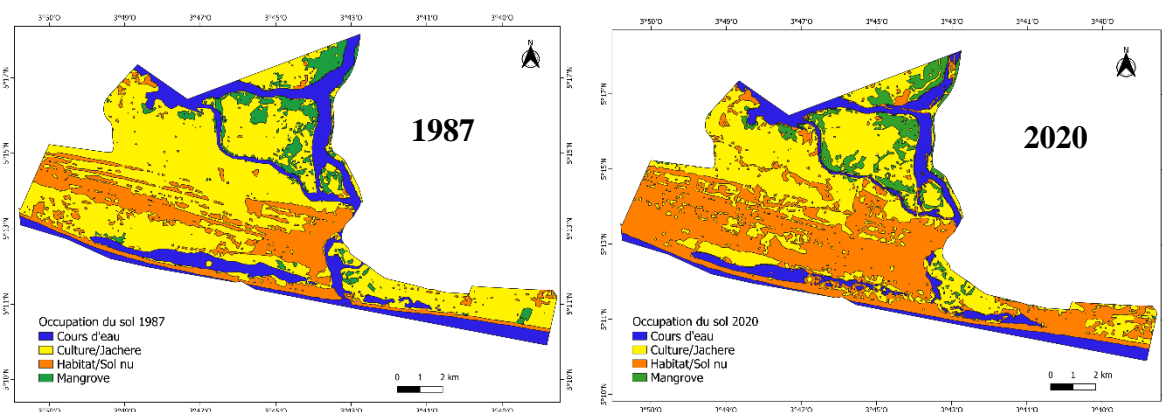


Figure 3 : Occupation du sol à Grand-Bassam entre 1987 et 2020
Source : Image Landsat TM (en 1987) et image OLI-TIR (en 2020)

3.2. SERVICES CLIMATIQUES POUR LES AGRICULTEURS D'ABIDJAN PORT-BOUËT ET GRAND-BASSAM

3.2.1. Tendances et régime pluviométrique de 1981 à 2020

Les figures 4 et 5 illustrent une variabilité de la pluviométrie respectivement à Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam, mettant en lumière une tendance globale à la hausse sur la période 1981-2020. À Abidjan, une période déficitaire est notée entre 1981 et 1991, avec une moyenne pluviométrique annuelle de 1477,8 mm. En revanche, la période allant de 1992 à 2020 est marquée par des excédents pluviométriques avec une moyenne de 1713,3 mm. À Grand-Bassam, la phase déficitaire s'étend de 1981 à 2003, suivie d'une période humide entre 2004 et 2017.

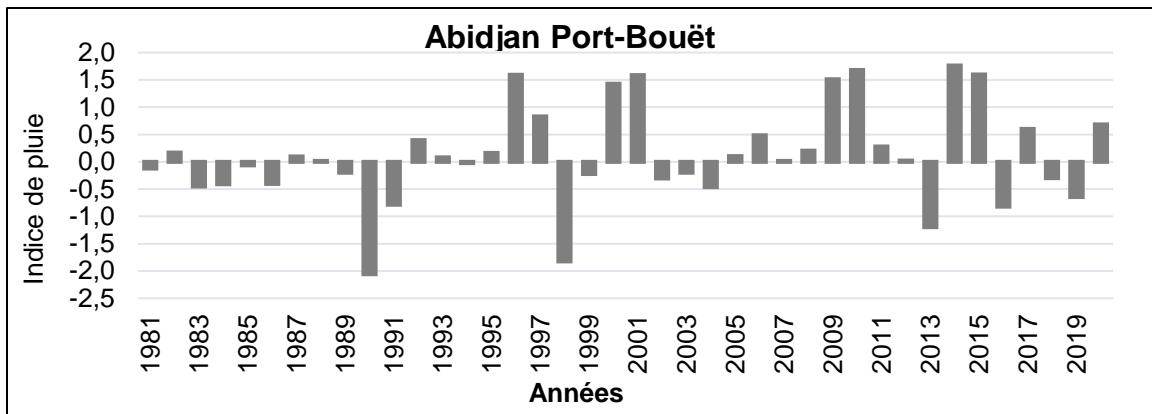


Figure 4 : Variabilité interannuelle de la pluie à Abidjan Port-Bouët de 1981 à 2020
Source : Nos traitements (2023)

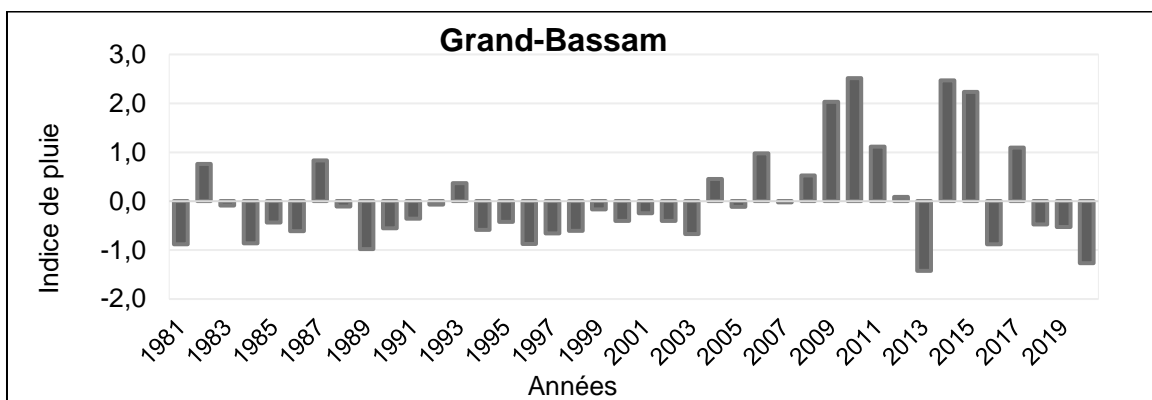


Figure 5 : Variabilité interannuelle de la pluie à Grand-Bassam de 1981 à 2020
Source : Nos traitements (2023)

La distribution de la pluie à Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam sur la période 1981-2020 révèle un régime bimodal (Figures 6 et 7). La première saison pluvieuse s'étend d'avril à juillet avec le maximum en juin (environ 265 mm). La deuxième saison des pluies est centrée sur septembre-octobre-novembre avec le pic en octobre. Ce régime bimodal se manifeste de manière de plus en plus prononcée, avec une intensification des pluies pendant les périodes pluvieuses et une aggravation de la sécheresse durant la saison sèche.

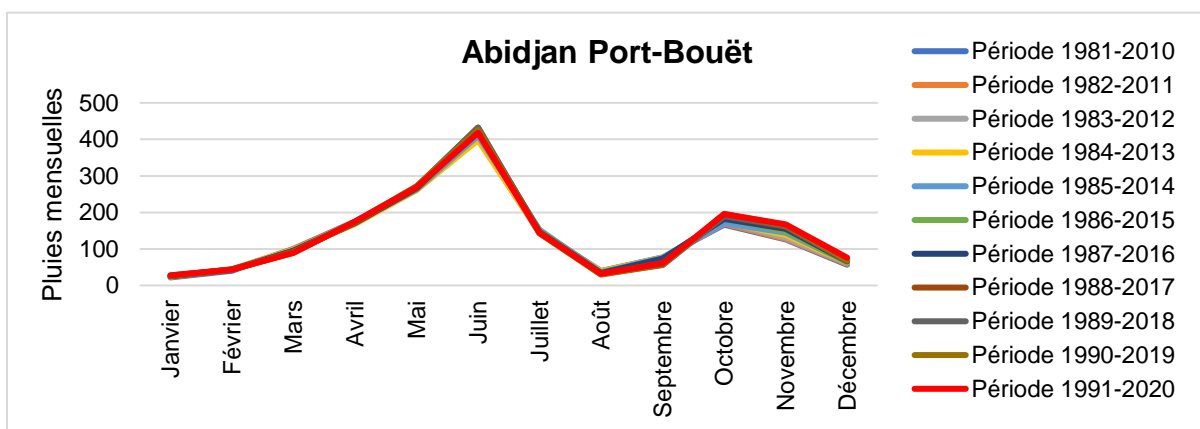


Figure 6 : Régime pluviométrique mensuel à Abidjan Port-Bouët entre 1981 et 2020
Source : Nos traitements (2023)

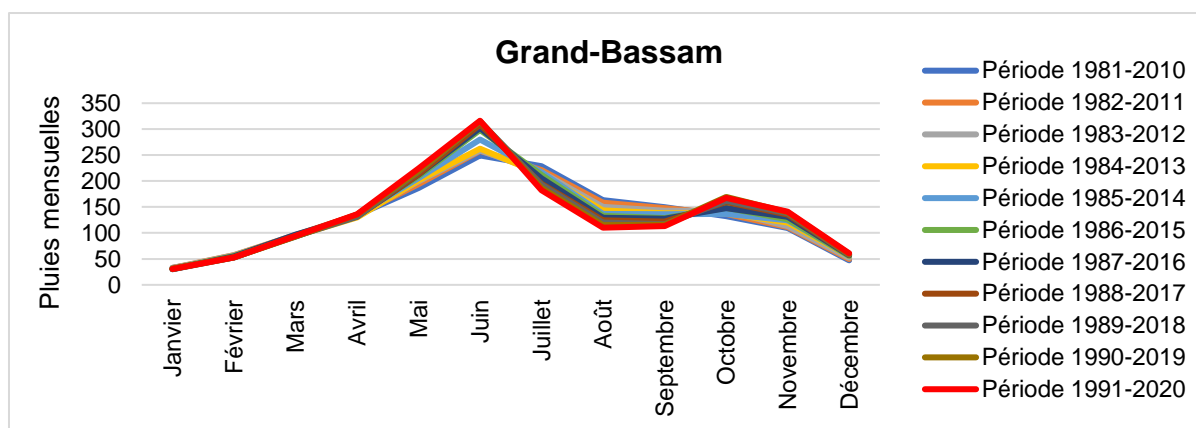


Figure 7 : Régime pluviométrique mensuel à Grand-Bassam de 1981 à 2020

Source : Nos traitements (2023)

3.2.2. Extrêmes climatiques de 2050 à 2100

Les extrêmes climatiques susceptibles d'impacter les activités agricoles d'Abidjan Port-Bouët à Grand-Bassam de 2050 à 2100 sont présentés dans le tableau VII.

Tableau VII : Ecart des extrêmes climatiques à Abidjan Port-Bouët et Grand-Bassam de 2050 à 2100

Indices climatiques	Abidjan	Grand-Bassam
RX5day	+5,1 mm	+0,2 mm
R99p	+28,2 mm	+43,2 mm
CDD	+0,4 jour	+2 jours
CWD	+14,5 jours	-22,5 jours

Source : Nos traitements (2023)

Ces projections constituent une base essentielle pour anticiper les effets du changement climatique et élaborer des mesures de résilience adaptées afin de garantir une production agricole optimale. Il ressort qu'il y a une augmentation probable des événements climatiques extrêmes à Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam d'ici 2100. À Grand-Bassam, une réduction significative de 22,5 jours des CWD est attendue, indiquant des périodes sèches prolongées. En revanche, à Abidjan Port-Bouët, une hausse de plus de 14,5 jours des CWD est prévue, soulignant une tendance vers des épisodes humides plus fréquents et intenses.

3.2.3. Diffusion des services climatiques

Les enquêtes menées auprès de la SODEXAM et l'ANADER ont permis de recenser les services climatiques que ces structures mettent à disposition des agriculteurs (Tableau VIII).

Tableau VIII : Services climatiques utiles pour les agriculteurs (maraîchers) produits par la SODEXAM et diffusés par l'ANADER

Type de services climatiques	Services utiles aux agriculteurs	Services produits par la SODEXAM	Services diffusés par l'ANADER
Prévisions climatiques saisonnières	Date de début et fin des poches de sécheresse	Prévision des dates de démarrage et de fin des poches de sécheresse	Prévision des dates de démarrage et de fin des poches de sécheresse
	Informations anticipées à six mois d'avance et sur l'année à venir	Informations anticipées à six mois d'avance	Informations anticipées à six mois d'avance
	Fortes pluies	Prévision des périodes de fortes pluies	Prévision des périodes de fortes pluies
	Dates de début et fin de la petite et grande saison sèche	Prévision de démarrage et de fin de la petite et grande saison sèche	Prévision de démarrage et de fin de la petite et grande saison sèche
	Dates de début et fin de la grande et petite saison de pluie	Prévision de démarrage et fin de la grande et petite saison sèche	Prévision de démarrage et fin de la grande et petite saison sèche
Conseils agroclimatiques	Date de semis des cultures Choix des variétés culturales	Calendriers agricole et longueur des saisons	Choix des variétés culturales

Source : Nos enquêtes en novembre 2023

Il ressort que les agriculteurs expriment un besoin accru en prévisions climatiques saisonnières et conseils agroclimatiques adaptés. La SODEXAM à travers la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) de Côte d'Ivoire joue un rôle clé en produisant les services climatiques utiles aux agriculteurs. Quant à l'ANADER, elle diffuse les services agroclimatiques et donne des conseils aux agriculteurs (maraîchers).

4. Discussion

4.1. EVOLUTION DES AGROSYSTEMES

L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol a permis de saisir la dynamique des agrosystèmes et des transformations paysagères survenues dans la région littorale d'Abidjan Port-Bouët à Grand-Bassam entre 1987 et 2020. Il y a une forte anthropisation de cette zone, avec des changements significatifs dans les types d'activités agricoles. Avant l'indépendance de la Côte d'Ivoire en 1960, les cultures d'exportation telles que le cacao, le café et le coco étaient dominantes à Abidjan et Grand-Bassam. Cependant, elles ont été remplacées progressivement par des cultures vivrières et maraîchères, qui, à leur tour, connaissent un déclin à cause de l'urbanisation accélérée.

En 2020, la croissance démographique et la pression foncière à Abidjan et Grand-Bassam ont entraîné à une réduction des surfaces maraîchères de 128 ha, soit une baisse de 28 %. Les surfaces restantes s'élèvent ainsi à 334 ha, représentant 72 %. Ce résultat est en accord avec les résultats d'une étude réalisée par A.J. Angoua (2023, p. 156) dans la région du Sud-Comoé en Côte d'Ivoire. Selon cet auteur, la forte croissance démographique entraîne une pression accrue sur les espaces naturels, ce qui conduit à l'expansion des surfaces cultivées au détriment des milieux naturels.

La densité de population à Abidjan est de 2983 habitants/km² tandis qu'elle est de 981 habitants/km² à Grand-Bassam (INS, 2021, p. 1-6). Ces valeurs sont supérieures au seuil de 40 habitants/km², ce qui pourrait expliquer la forte régression des superficies cultivées et

des mangroves. Cette observation est également corroborée par K.R.S. Ourega *et al.* (2019, p. 73), qui affirment dans leur étude que les zones à forte densité de population et en pleine expansion démographique subissent une pression humaine accrue, entraînant des transformations dans les agrosystèmes.

4.2. EVOLUTION DES SERVICES CLIMATIQUES ACTUELS DE 1981 A 2020 ET PROJETS DE 2050 A 2100

Cette étude a révélé une tendance générale à la hausse des pluies. Cette augmentation du cumul pluviométrique confirme les résultats de l'étude de J. Amon (2016, p. 47), qui a observé une tendance similaire dans le sud-est de la Côte d'Ivoire entre 1951 et 2013. Des conclusions similaires ont été tirées par D. Dumas *et al.* (2022, p. 2) dans leur étude sur les incertitudes liées aux séquences pluviométriques dans le Sud-est ivoirien. L'analyse du régime pluviométrique révèle une instabilité des précipitations, particulièrement en juin et octobre. Cela a été également observé par A. G. Adou *et al.* (2022, p. 255) dans leur étude sur l'impact de la variabilité climatique sur les calendriers agricoles à Vavoua, dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire.

Les tendances des extrêmes climatiques indiquent une intensification des épisodes de pluie extrême. L'augmentation probable des hauteurs pluviométriques pourrait entraîner une multiplication des événements climatiques extrêmes tels que les inondations et les orages violents, impactant les agrosystèmes d'Abidjan Port-Bouët et Grand-Bassam. Ces projections sont en accord avec les conclusions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC, 2007, p. 480), ainsi que celles de C. Bouvier (2014, p. 18) et Y. Téra (2016, p. 52). Ces auteurs ont montré que l'intensification des conditions climatiques extrêmes se poursuivra à l'échelle mondiale, notamment en Afrique et en Côte d'Ivoire jusqu'à la fin du siècle. À Grand-Bassam, une diminution des jours de pluie et une augmentation des jours secs consécutifs sont notées, ce qui pourrait avoir des conséquences négatives sur la croissance des mangroves.

Les enquêtes menées dans le cadre de ce travail ont montré l'existence des services climatiques. Une évaluation précise de l'impact de ces services sur les maraîchers est nécessaire. B. Sultan (2017, p. 2) souligne que des évaluations préliminaires devraient être réalisées afin de mesurer les bénéfices des prévisions avant même leur adoption et leur mise en application.

À Abidjan Port-Bouët, les maraîchers utilisent des techniques telles que la canalisation et la construction de digues pour drainer l'excès d'eau vers la lagune. Ils surélèvent leurs parcelles pour se protéger des inondations. Cependant, en raison de l'instabilité des précipitations et de l'augmentation de l'humidité du sol, les terres sont souvent inondées. De plus, les fortes pluies et les orages violents déracinent les plantes, causant des pertes de productions agricoles. L'intégration des services climatiques et des conseils adaptés pourrait aider ces maraîchers à mieux se préparer face à ces événements climatiques extrêmes et ainsi renforcer leur adaptation.

Conclusion

L'analyse diachronique de l'occupation du sol entre Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam a révélé une régression significative des espaces végétalisés au profit des zones urbanisées. Ce travail a spécifiquement mis en lumière la situation préoccupante des cultures maraîchères à Abidjan, Port-Bouët, et le déclin progressif des mangroves à Grand-Bassam. Il y a une réduction des superficies dédiées aux maraîchages à Abidjan Port-Bouët, ainsi qu'une disparition graduelle des mangroves à Grand-Bassam. Les services climatiques incluant les tendances actuelles ont mis en évidence une augmentation de la pluviométrie à Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam. Les extrêmes climatiques de 2050 à 2100 vont probablement augmenter à Abidjan Port-Bouët et Grand-Bassam. Il convient de noter qu'une évaluation

approfondie de l'impact réel des services climatiques en milieu agricole est nécessaire. Néanmoins, les entretiens avec certains agriculteurs ont révélé que l'usage des services climatiques pourrait leur permettre d'adopter des stratégies et de mieux planifier leurs activités. Les services climatiques constituent aujourd'hui un levier stratégique pour les agriculteurs et les décideurs. Leur intégration dans les processus de planification et de prise de décision est essentielle pour gérer efficacement les incertitudes climatiques et promouvoir une agriculture durable à Abidjan, Port-Bouët et Grand-Bassam.

Références bibliographiques

ADOU Aka Giscard, N'DA Kouadio Christophe et ATTAH Abinan Rodolphe Romaric, 2022, « Impact de la Variabilité climatique sur les Calendriers agricoles dans la Sous-préfecture de Vavoua (Centre-Ouest Ivoirien) », *European Scientific Journal, ESJ*, 18 (27), pp. 255-274.

AMON Joel, 2016, *Variabilité pluviométrique et production de manioc dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire entre 1951 et 2013*, Mémoire master, Université Félix Houphouët-Boigny.

ANGOUA Angoua Joseph, 2018, *Impacts des changements et variabilités climatiques (extrêmes climatiques) sur la production de la banane dessert dans les plantations industrielles en Côte d'Ivoire*, Mémoire master, Université Félix Houphouët-Boigny, 94 p.

ANGOUA Angoua Joseph, 2023, *Variabilité hydroclimatique et inondation dans la région ivoirienne du Sud-Comoé : simulation et projection à l'échelle locale de 1980 à 2100*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, 314 p.

BOUVIER Christophe, 2014, *Contribution à la compréhension et à la prévision des événements extrêmes sur petits bassins tropicaux et méditerranéens*, Habilitation à Diriger des Recherches. Montpellier 2.

CONGALTON Russell, 1991, « A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data », *Remote Sensing of Environment*, 37 (1), pp. 35-46.

COULIBALY Kolotioloma Alama, DIBI-KANGAH Pauline Agoh, KOLI BI Zuéli, 2019, Variations interannuelles récentes des paramètres climatiques majeurs en Côte d'Ivoire depuis 1951. In : *Climat et Développement*, N° 26, Cotonou, Bénin, pp. 5-16.

DUMAS, Dominique, BIGOT Sylvain, BROU Yao Telesphore, PATUREL Jean-Emmanuel, DJE Kouakou Bernard, DIBI Pauline, BEUGRE Dane, DIEDHIOU Arona et CILAS Christian, 2022, « Nouvelle incertitude liée aux occurrences de séquences avec ou sans Pluie : Impact sur les rendements agricoles dans la région sud-est de la Côte d'Ivoire », In : Actes du 35^e colloque de l'Association internationale de climatologie : Le changement climatique, les risques et l'adaptation. *Actes du 35^e colloque de l'Association internationale de climatologie : Le changement climatique, les risques et l'adaptation. Tome 3*, pp. 155-161.

INS (Institut national de la statistique), 2021, *Recensement général de la population et de l'habitat 2021 : RGPH-2021 RÉSULTATS GLOBAUX*, 37 p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007, *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 996 p.

JOFAK-SOKENG Valère-Carin, 2016, *Cartographie des potentialités en eaux souterraines dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun : contribution de la Télédétection (optique et*

radar), des Systèmes d'Informations Géographiques et des Réseaux de Neurone, Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 267 p.

KANDA Madjouma, BADJANA Hèou Maléki, FOLEGA Fousseni, AKPAVI Sêmihinva, WALA Kpèrkouma, IMBERNON Jacques, et AKPAGANA Koffi, 2017, « Dynamique centrifuge du maraîchage périurbain de Lomé (Togo) en réponse à la pression foncière », *Cahiers Agricultures*, 26 (1), 10 p.

KANGAH Armand et KOLI Bi, Zueli, 2015, « Dynamique et transformation spatiale du littoral ivoirien : cas du littoral Alladjan, à l'ouest d'Abidjan », *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, n° 1, pp. 25-39.

KOUAME Kouakou Roland, DIBI-KANGAH Agoh Pauline et KOLI Bi Zueli, 2019, « Variabilité climatique dans le centre-est de la Côte d'Ivoire : Indicateurs, scénarii actuels et futurs », *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 1, pp. 7-20.

KOUASSI Amani Michel, NASSA Relwindé Abdoul-Karim, KOUAKOU Koffi Eugène, KOUAME Koffi Fernand et BIEMI Jean, 2019, « Analyse des impacts des changements climatiques sur les normes hydrologiques en Afrique de l'Ouest : Cas du district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire) », *Revue des Sciences de l'Eau*, 32 (3), pp. 207-220.

LANDIS J. Richard and KOCH G. Gary, 1977, « The measurement of observer agreement for categorical data Biometrics, dans le Kappa de Cohen : Un outil de mesure de l'accord inter-juges sur des caractères qualitatifs Frederic Santos », *International Biometric Society*, vol. 33, n°1, pp. 159-174.

LEPOUSEZ Violaine et ABOUKRAT Maxime, 2022, « Les scenarios SSP : Décryptage et recommandations d'utilisation pour une démarche d'adaptation au changement climatique. Pôle résilience et adaptation aux impacts du changement climatique, 17 p.

MCKEE Thomas B., DOESKEN Nolan J., and Kleist John, 1993, «The relationship of drought frequency and duration to time scales», in: *8th Conference on Applied Climatology, Am. Meteorol. Soc. Boston*, pp. 179-184.

MENARD Frederic, Dada Olusegun, MORAND Pierre et ALMAR Rafael, 2021, *Afrique de l'Ouest : Quel futur pour les zones côtières ?* [Academic rigour, journalistic flair]. The Conversation, consulté le 25 août 2024. URL : <http://theconversation.com/afrique-de-louest-quel-futur-pour-les-zones-cotieres-160637>

MEZA Francisco J., HANSEN James W. and OSGOOD Daniel, 2008, «Economic Value of Seasonal Climate Forecasts for Agriculture: Review of Ex-Ante Assessments and Recommendations for Future research », *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47, pp. 1269-1286.

N'DA Kouakou Christophe, 2016, *Variabilité hydroclimatique et mutations agricoles dans un hydrosystème anthropisé : L'exemple du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire*. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, 271 p.

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 2016, *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire*, 2014 p.

OUREGA Kouessi Remi Stephane, KONAN Kouadio Eugène, KOLI Bi Zuéli, 2019, Occupation de l'espace dans un contexte d'évolution démographique dans la Sous-préfecture de Korhogo (Côte d'Ivoire), *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, n° 7, pp. 65-76.

PATUREL Jean Emmanuel, SERVAT Eric, KOUAME Brou, BOYER Jean-François et NIELS-LUBES Hélène, 1996, « Procédures d'identification de cc ruptures dans des séries chronologiques-Modification du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest non sahélienne », *L'hydrologie tropicale : géoscience et outil pour le développement : (Actes de la conférence de Paris, mai 1995)*, 238, pp. 99-110.

PUYRAVAUD Jean Philippe, 2003, « Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation », pp. 206-2019.

SANGNE Charles Yao, BARIMA Yao Sadaïou Sabas, BAMBA Issouf et N'DOUME Claude-Tthierry Aké, 2015, « Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire) », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 15 (3), pp. 1-18.

SORO Gbonbele, AHOUSSEI Ernest, KOUADIO Konan, SORO Tanina, OULARE Sekouba, MAHAMAN Bachir Saley, SORO Nagnin, et BIEMI Jean, 2014, « Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) », *Afrique SCIENCE*, 10 (3), pp. 146-160.

SULTAN Benjamin, 2017, Les bénéfices des services climatiques pour l'agriculture au Niger », *in Analyse environnementale et changement climatique dans trois communes d'intervention du Programme Alimentaire Mondial (PAM) au Niger*, pp. 1-10.

TOYI Mireille Scholastique, BARIMA Yao Sadaïou Sabas, MAMA Adi, ANDRE Marie, Bastin J. -F., DE CANNIERE Charles, SINSIN Brice et BOGAERT Jan, 2013, « Tree plantation will not compensate natural woody vegetation cover loss in the Atlantic Department of Southern Benin ». *Tropicultura*, 1, pp. 62-70.

ZHANG Xuebin and YANG Feng, 2004, *RClimDex (1.0) User Manual*, 23p.