

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

Dominique DUMAS ¹, Sylvain BIGOT ², Téléphore Y. BROU ³, Jean-Emmanuel PATUREL ⁴, Kouakou Bernard DJE ⁵, Djibril D. NOUFE ⁶, Pauline DIBI ⁷, Dané BEUGRE ⁵, Arona DIEDHIOU ², Christian CILAS ⁸

¹ Université de Lyon - UMR Environnement Ville Société (EVS), France dominique.dumas@univ-lyon3.fr

² Université Grenoble Alpes - Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE), France sylvain.bigot@univ-grenoble-alpes.fr

³ Université de La Réunion - Laboratoire Océan Indien : Espaces et Sociétés (OIES), France

⁴ IRD UMR Hydrosciences Montpellier, France

⁵ SODEXAM, Direction de la Météorologie Nationale, Abidjan 15, Côte d'Ivoire

⁶ Université Nangui-Abrogoua - Laboratoire Géosciences et Environnement (LGE), Abidjan, Côte d'Ivoire

⁷ Université Félix Houphouët-Boigny - Institut de Géographie Tropicale (IGT), Abidjan, Côte d'Ivoire

⁸ CIRAD (UMR PHIM) Montpellier, France / CIRAD, DGDRS, Abidjan, Côte d'Ivoire

Résumé : Avec ses grandes plantations industrielles, le changement climatique actuel fragilise fortement les systèmes agro-écologiques de la Côte d'Ivoire. L'étude s'appuie sur des observations pluviométriques relevées à la station d'Abidjan, au pas de temps journalier et horaire. Elle cherche tout particulièrement à cerner comment les séquences sèches, ou pluvieuses, ont évolué sous la contrainte du changement climatique actuel. Les premiers résultats de ce travail montrent clairement une diminution des séquences sèches. A l'échelle mensuelle, il faut cependant nuancer cette érosion des durées selon les moments de l'année. Ces tendances, globalement à la baisse, viennent contrarier les pratiques culturales de ces régions, qui impliquent de pouvoir conserver une partie du temps des moments suffisamment longs dépourvus d'humidité.

Mots-clés: Agroclimatologie tropicale, Côte d'Ivoire, durée des périodes pluvieuses, changement climatique récent.

Abstract: With its large industrial plantations, the current climate change is strongly weakening the agro-ecological systems of Côte d'Ivoire. The study is based on daily and hourly rainfall observations at the Abidjan station. In particular, it seeks to identify how dry or rainy sequences have evolved with current climate change. The first results of this study clearly show a decrease in dry spells. However, on a monthly time resolution, this decrease of durations must be qualified according to the season. These trends, which are globally decreasing, contradict the agricultural practices of these regions, which imply being able to keep sufficiently long periods without soil humidity.

Keywords: Tropical agroclimatology, Côte d'Ivoire, duration of dry spells, recent changes.

Introduction

Dans la région du SE de la Côte d'Ivoire, les plantations d'hévéa et de palmiers à huile impliquent un contexte agroclimatique, notamment pluviométrique, favorable tant sur les quantités d'eau enregistrées que sur la répartition des pluies au cours de l'année, des mois, voire des journées (Bigot *et al.*, 2005 ; Schroth *et al.*, 2016 ; Cumunel, 2020). Si les quantités d'eau doivent être suffisantes, des périodes de sécheresse, plus ou moins longues, sont tout autant indispensables pour les cultivateurs, que ce soit pendant ou après les récoltes. Pour le développement, le séchage des régimes de fruits du palmier à huile, ou pour la récupération du latex (calendrier et planification des saignées), une forte occurrence de petites averses nuit aux récoltes et contribue à diminuer globalement les rendements. Cette diminution peut même être, sur certaines années humides, extrêmement marquée, comme le notent les planteurs entretenus en 2021 et impliqués dans nos études de terrain de la région de la Comoé, située à la limite frontalière avec le Ghana.

Les cultures et les récoltes sont-elles amenées à tenir compte des caractéristiques pluviométriques de plus en plus inattendues, imprévisibles ? Ces épisodes de pluie au cœur de la petite saison sèche, voire pendant la saison sèche, sont-ils réellement plus fréquents aujourd'hui ? A contrario, le système agraire, avec depuis les années 1970 ses nouvelles plantations monospécifiques, est-il devenu plus sensible à une nouvelle temporalité pluviométrique (comme les petits épisodes qui auparavant n'affectaient pas, ou très peu, la production agricole) ?

Ce travail, mené avec un financement de la Région Auvergne Rhône-Alpes (AURA), vise justement à mieux définir et caractériser cette incertitude pluviométrique et son évolution depuis ces dernières décennies. L'approche implique d'analyser les séquences pluviométriques à des échelles temporelles fines, journalières et infra-journalières. Plusieurs stations pluviométriques situées dans le sud-est de la Côte d'Ivoire sont utilisées. L'objectif de cette étude est ainsi de mieux définir les probabilités d'apparition de séquences sèches ou de séquences humides, notamment selon leur durée et leur intensité. De même, l'occurrence de pluie à des périodes de l'année normalement sèches est détaillée. Enfin, à partir de ces caractéristiques probabilistes et fréquentielles, l'étude aborde l'évolution tendancielle globale du risque d'apparition de séquences pluvieuses ou sèches, à différents moments de l'année pour contribuer à l'aide à la décision.

Le bouleversement des conditions climatiques actuelles (Bigot *et al.*, 1998 ; Klein Tank *et al.*, 2009 ; Goula *et al.*, 2012 ; Soro *et al.*, 2016) semble se caractériser par une recrudescence de phases pluvieuses, ou par l'apparition d'épisodes pluvieux lorsqu'ils étaient alors peu présents. La distribution temporelle des pluies a-t-elle été modifiée ? Les cumuls annuels montrent des tendances à la baisse (figure 1), mais cachent-ils une réalité plus complexe avec, par exemple, une multiplication des épisodes pluvieux, un accroissement de la segmentation de ces épisodes, ou encore une réduction des périodes sans pluie ? L'objectif de ce premier travail est justement de caractériser dans cette région le comportement pluviométrique et son évolution récente.

1. Méthodologie

Afin de cerner et quantifier le comportement pluviométrique de la région sud-est de la Côte d'Ivoire, l'analyse du comportement pluviométrique s'est appuyée sur les données journalières relevées en continu depuis 1961 à la station pluviométrique située à l'aéroport d'Abidjan. L'année 2021, incomplète, a été écarté. Sur la période 1990 à 2020, les enregistrements journaliers de la station d'Abidjan sont complétés de relevés horaires à partir de carnets météorologiques spécifiques. La station littorale d'Adiaké, située à 80 km plus à l'est d'Abidjan, aurait pu également être utilisée dans cette étude, car elle était d'avantage centrée sur les espaces agricoles du SE de la Côte d'Ivoire. Cependant, dans la mesure où les pluies horaires étaient disponibles à la station d'Abidjan, et que les enregistrements entre les deux stations sont fortement corrélés (figure 1), l'analyse a été exclusivement centrée sur les données de la station d'Abidjan. Par la suite, il sera utile de compléter cette approche en intégrant les observations de la station d'Adiaké.

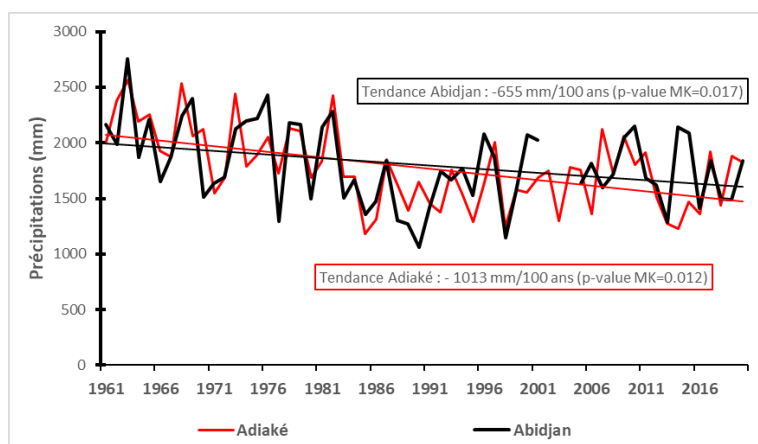


figure 1. Evolution des précipitations annuelles depuis 1961 aux stations d'Abidjan et d'Adiaké : tendances significatives à la baisse.

Afin d'analyser les caractéristiques des pluies, et des séquences pluvieuses ou non pluvieuses, il a été retenu de regarder mensuellement et annuellement :

- i. le nombre de jours sans pluie, et le nombre de jours avec pluie ;
- ii. le cumul de jours consécutifs sans pluie et avec pluie pour chaque mois : c'est justement sur ces phases que les agriculteurs peuvent, ou non, pratiquer des saignées ou profiter d'une période de séchage de leur récolte ;
- iii. le cumul horaire avec de la pluie ;
- iv. le cumul d'heures consécutives avec ou sans pluie.

La loi de Gumbel a été appliquée aux séries pour estimer les valeurs décennales ($T=10$ ans), ou les valeurs avec des fréquences plus rares, plus pertinentes que les moyennes pour décrire les paramètres. Le test non-paramétrique de Mann-Kendall (Sneyers, 1975), au seuil de significativité de 5 %, valide ou non les tendances observées.

2. Résultats et discussion

2.1. Variations des pluies journalières à l'échelle annuelle

L'analyse des résultats permet de dégager certaines caractéristiques, de préciser les phases de pluie, les séquences sèches, et de saisir ou nuancer certaines évolutions. La figure 2 présente l'évolution depuis 1961 du nombre de jours annuel avec ou sans pluie. A l'échelle de l'année, le nombre de jours avec ou sans pluie n'évolue pas significativement depuis 1961, les tendances associées ne sont pas validées avec le test de Mann-Kendall (tableau 2). Sur la période étudiée, le nombre moyen de jours sans pluie dans l'année, avec 233 jours (à $T=10$ ans, 252 jours), reste donc stable et ne montre pas une érosion particulière. Il en est -logiquement- de même pour le nombre de jours dans l'année enregistrant des précipitations, avec 133 jours en moyenne (à $T=10$ ans, 155 jours).

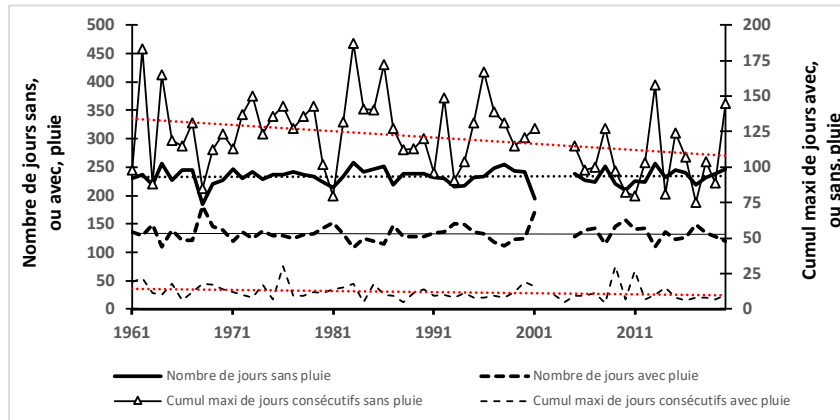


figure 2. Evolution du nombre de jours avec ou sans pluie depuis 1961 à la station d'Abidjan.

Dès lors, on pourrait penser que la perception des cultivateurs n'est pas totalement fondée, puisqu'à cette échelle de lecture, le nombre de jours sans pluie n'est pas marqué par une tendance à la hausse, ou une recrudescence marquée du nombre de jours de pluie.

En revanche, l'observation mensuelle des journées consécutives sans pluie montre des évolutions plus marquées. Ces durées cumulées caractérisent d'ailleurs mieux la longueur des moments sans pluie que le simple nombre de jours sans pluie, dans un mois ou dans une année. Ce sont particulièrement ces phases durant lesquelles les agriculteurs peuvent compter sur une période durable sans humidité. Dépourvues de pluie, ces longues séquences sèches intéressent dès lors d'avantage les agriculteurs, puisqu'elles garantissent d'avoir une chance plus grande de faire coïncider les différentes opérations culturales (saignées des hévéas, séchage des fruits...) avec une période sans humidité.

Ainsi, à l'échelle de l'année, on observe que ces durées cumulées sans pluie sont marquées par une diminution significative depuis le début des années 60 (figure 2 et tableau 1). En moyenne, la réduction montre

une tendance significative avec une baisse annuelle de 43 jours consécutifs sans pluie sur un siècle. C'est cette caractéristique que perçoivent déjà les agriculteurs aujourd'hui, avec une difficulté plus grande d'avoir l'assurance de trouver des phases sèches au cours de l'année, ou de leurs différentes opérations culturales. On observe en revanche que les séquences longues avec pluie ne montrent pas une tendance significative depuis 1961 (figure 2 et tableau 1).

2.2. Variations des pluies journalières à l'échelle mensuelle

Au niveau mensuel ou saisonnier, la lecture implique des nuances selon les mois (figure 3, tableau 2). Le nombre de jours sans pluie n'évolue pas de la même manière au cœur des deux saisons des pluies. Il augmente significativement sur la fin de la première saison des pluies en juin et juillet, mais ne montre pas de tendance significative en avril et en mai. A l'inverse, ce nombre de jours sans pluie diminue nettement en octobre et novembre.

Le nombre de jours cumulé sans pluie, enregistré mensuellement, montre des évolutions significatives à la baisse au cours de sept mois dans l'année. Cette érosion des phases longues sans pluie s'observe à la fois au cours des deux saisons de pluie (en juin-juillet et puis en octobre-novembre), et également au début de l'année civile (janvier, février et mars). Ce moment du début de l'année, dans une moindre mesure en mars, il y a quelques années, était une période où justement les agriculteurs pouvaient compter avec une certaine assurance sur la présence de phases sèches relativement longues. Ce n'est plus totalement le cas aujourd'hui. C'est en février que la tendance significative à la baisse est la plus forte (13,5 jours consécutifs sans pluie en moins sur un siècle).

Cette réduction sensible de ces séquences sans pluie participe au désordre perçu par les cultivateurs et à leur incertitude à voir apparaître actuellement des phases de pluie à des moments où ils avaient alors une assurance de pouvoir compter sur des intervalles secs et sans surprise.

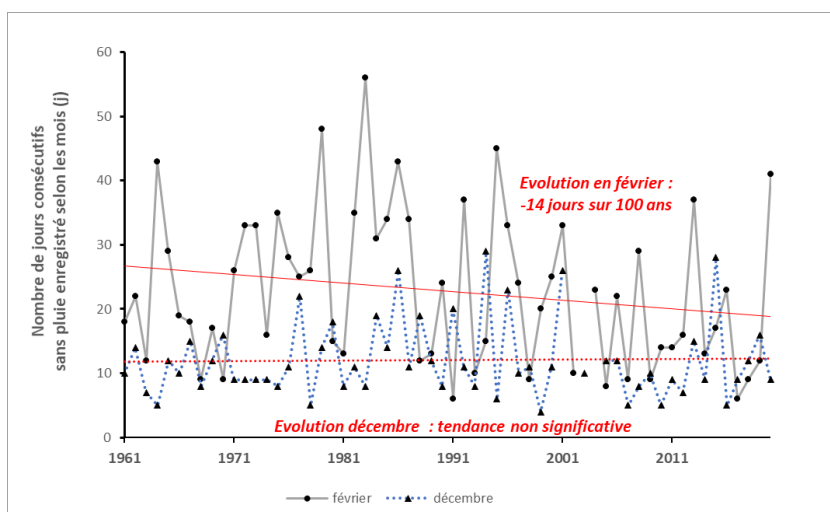


figure 3. Evolution du nombre de jours consécutifs sans pluie enregistré mensuellement depuis 1961 : exemple des mois de février et décembre.

Tableau 1. Caractéristiques mensuelles et annuelles des phases pluvieuses, ou non pluvieuses, à partir de données journalières mesurées à la station d'Abidjan entre 1961 et 2020

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Précipitations moyennes	20	45	98	159	284	509	173	32	67	169	156	74	1738
Nombre de jours sans pluie (1961 à 2020)													
Moyenne	29	25	23	19	14	10	19	22	19	17	15	24	233
Evolution (nb jours/100 ans)	-0,7	0,5	0,0	-0,1	0,9	7,5	5,4	0,0	-3,3	-8,1	-2,6	0,1	1,0
Validation MK à 5% (*)	*					*	*			*	*		
Max pour T = 10 ans	31	28	26	23	18	15	25	28	24	23	20	27	252
Cumul maxi de jours consécutifs sans pluie													
Moyenne	20	23	9	7	5	4	9	11	9	7	5	12	121
Evolution (nb jours/100 ans)	-6,9	-13,5	-4,5	1,4	-0,6	4,0	-1,6	-0,6	-11,0	-8,5	-2,2	0,9	-43,5
Validation MK à 5% (*)	*	*	*			*	*			*	*		*
Max pour T = 10 ans	30	38	14	11	8	8	15	19	17	13	8	20	155
Nombre de jours avec pluie													
Moyenne	2	4	8	11	17	20	12	9	11	14	15	7	133
Evolution (nb jours/100 ans)	0,5	-0,5	0,0	-1,3	-0,9	-8,6	-5,4	0,0	3,3	8,1	2,6	-0,1	-1,0
Validation MK à 5% (*)						*	*			*	*		
Max pour T = 10 ans	5	8	12	16	22	26	18	15	16	21	19	11	151

2.3. Variations horaires des phases sans pluie

Sur une période plus courte, allant de 1990 à 2019, il est possible de saisir les phases de pluie intrajournalières, à partir d'enregistrements pluviométriques horaires relevés à la station d'Abidjan. A cette échelle plus fine de la journée, le cumul des heures consécutives sans pluie, montre également des évolutions significatives à l'échelle de l'année, et sur certains mois.

La répartition saisonnière du nombre d'heures de pluie est logiquement calée sur le régime pluviométrique, avec un nombre d'heures de pluie plus important sur les deux saisons de pluie (figure 4A, tableau 2). Sur les deux figures 4A et 4B, les périodes de retour des heures cumulées sans pluie consécutives sont détaillées, car elles caractérisent mieux ces séquences que les simples moyennes établies sur la période 1990-2019. En effet, la variabilité interannuelle de ces valeurs reste toujours très forte, et la moyenne n'est pas toujours pertinente pour décrire simplement la position de ces variables. Si les séquences avec pluie suivent de près le régime pluviométrique, les phases intrajournalières sans pluie, cumulées mensuellement, ne coïncident plus totalement avec le régime pluviométrique (figure 4B). Ces séquences sont ainsi susceptibles d'apparaître tout au long de l'année, en faiblissant légèrement en juin lorsque les précipitations mensuelles sont les plus marquées. On comprend dès lors encore un peu mieux le désarroi des cultivateurs puisque ces séquences sèches, sans pluie durable, étaient observables tout au long de l'année. Dans le détail, même si les différences restent relativement modestes, une longue séquence sèche a une occurrence plus marquée en janvier, avec 748 h cumulées sans pluie consécutive pour T=10 ans, et en novembre, avec 747 h sans pluie pour T=10 ans (tableau 2).

Mais les durées des séquences sèches montrent des tendances depuis 1990. Sur l'ensemble de l'année, et sur 8 mois (tableau 2), la durée de ces phases sans pluie montre des évolutions significatives globalement à la baisse, d'une manière marquée encore en juin et septembre (tableau 2). Ainsi, on observe que la durée annuelle cumulée de ces moments secs montre une tendance à la diminution significative de 1356 heures sur un siècle.

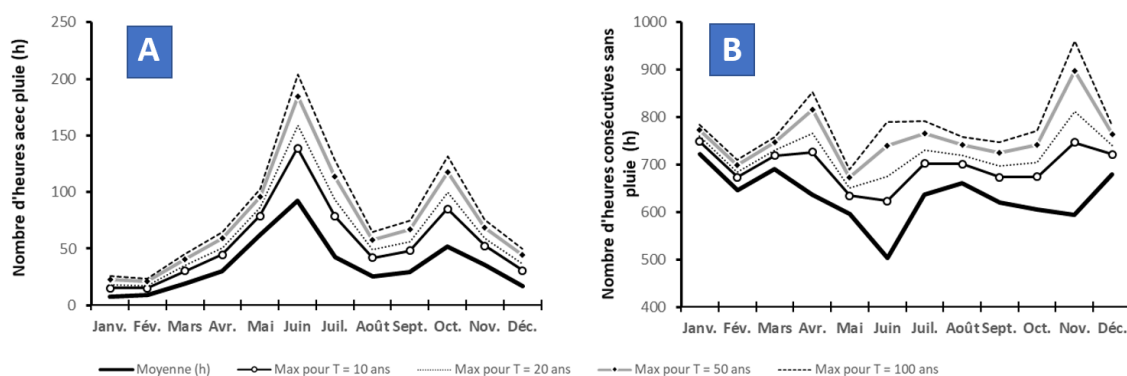


figure 4. Nombre d'heures, avec pluie (A) et sans pluie consécutive (B), cumulées mensuellement : moyennes et différentes périodes de retour.

Tableau 2. Caractéristiques des phases horaires avec ou sans pluie.

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Cumul mensuel d'heures consécutives sans pluie													
Moyenne	722	647	692	637	596	504	638	661	621	606	595	680	7432
Evolution (heures/100 ans)	23	20	45	-45	-60	-207	-20	65	-166	-29	28	89	-1356
Validation MK à 5% (*)			*	*	*	*		*	*	*		*	*
Max pour T = 10 ans	748	673	719	727	635	623	702	701	674	674	747	722	7910
Cumul mensuel d'heures avec pluie													
Moyenne	7	9	19	30	62	92	43	25	29	52	36	17	416
Evolution (heures/100 ans)	-21	3	-15	-44	-18	28	-19	-20	34	26	10	-21	-21
Validation MK à 5% (*)	*		*	*		*	*	*	*	*		*	*
Max pour T = 10 ans	15	15	30	45	79	139	78	42	48	85	52	31	491

3. Conclusion

Pour saisir l'impact des changements climatiques sur le monde agricole et ses pratiques, l'approche proposée met en évidence la nécessité de prendre en compte des paramètres qui ne sont pas toujours abordés dans les études, comme la longueur des phases sans pluie ou avec pluie. Des travaux antérieurs sur les pluies extrêmes journalières en Côte d'Ivoire avaient déjà montré des tendances significatives à la baisse, mais ne portaient pas totalement sur les durées et les longueurs des séquences pluvieuses ou sans pluie (Goula *et al.*, 2012).

Naturellement, des analyses ultérieures sur la répartition de ces phases pluvieuses et des durées des séquences sèches pourront permettre d'affiner les premiers résultats livrés par cette étude.

De nombreux travaux montrent déjà une diminution des quantités précipitées sur les régions africaines (Bigot *et al.*, 1998 ; Mahe et Paturol, 2009). Cette diminution des quantités précipitées dans les régions africaines, largement décrite dans la littérature, ne s'accompagne pas forcément pour autant d'une régression de la durée des séquences sèches. Au niveau d'Abidjan, sur le littoral de la Côte d'Ivoire, cette étude montre que ces séquences sèches présentent globalement à l'échelle annuelle une décroissance de leur durée. A l'échelle mensuelle, il faut cependant nuancer ce constat, puisque certains mois ne présentent pas de diminution significative de la durée de ces séquences sèches.

L'évolution de ces séquences sèches, ou pluvieuses, est sans doute le témoignage supplémentaire des modifications climatiques qui s'opèrent actuellement sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest. Cette diminution de ces phases sèches engendre aussi une plus grande incertitude plus les agriculteurs. Certes, cette variabilité des pluies est bien connue des agriculteurs dans le monde tropical. En restant généralement dans des limites maîtrisées, l'incertitude sur l'arrivée des pluies est désormais plus complexe à anticiper et gérer sur les plans agronomiques. Les adaptations des pratiques agricoles tentent de répondre au mieux à ces nouvelles caractéristiques pluviométriques, et à l'ensemble des variabilités pouvant être des nouveaux modes liés au

changement climatique. Les fragiles repères pour définir les « bons moments agricoles » deviennent progressivement inopérants, et provoquent lassitude, désillusion, ou pour le moins, des difficultés socio-économiques nouvelles, sans compter une évolution des filières et politiques agricoles nationales.

Remerciements : les auteurs remercient la Région AURA (Auvergne-Rhône-Alpes) pour son soutien financier dans le cadre du projet incitatif Pack Ambition International 2020 (n° 20 006900 01-40892). Les auteurs remercient également la SODEXAM pour l'accès aux données pluviométriques d'Abidjan.

Bibliographie

- Bigot S., Brou Y.T., Oszwald J. et Diedhiou A., 2005. Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales. *Sécheresse*, **16** (1), 5-13.
- Bigot, S., Moron, V., Melice, J. L., Servat, E. et Paturel, J. E., 1998. Fluctuations pluviométriques et analyse fréquentielle de la pluviosité en Afrique centrale. IAHS, 71-78.
- Cumunel M., 2020. La filière palmier à huile en Côte d'Ivoire, un condensé des enjeux du développement durable. Note 13, Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde (FARM), 23 pages.
- Goula B.T.A., Soro E.G., Kouassi W. et Srohourou B., 2012 : Tendances et ruptures au niveau des pluies journalières extrêmes en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Hydrological Sciences Journal*, **57**, 1067-1080.
- Klein Tank A.M.G., Zwiers W.F et Zuang X., 2009 : Guidelines on Analysis of extreme in a changing climate in support of informed decision for adaptation. Climate Data and Monitoring WCDMP - No. 72, 55 pages.
- Mahé, G., Paturel, J. E., 2009. 1896–2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers. *Comptes Rendus Géoscience*, **341**(7), 538-546.
- Schroth G., Läderach P., Martinez-Valle A. I., Bunn C., Jassogne L., 2016. Vulnerability to climate change of cocoa in West Africa: Patterns, opportunities and limits to adaptation. *Science of the Total Environment*, **556**, 231-241.
- Sneyers, R. 1975. On the statistical analysis of series of observations World Meteorological Organization (WMO), Technical note No. 143, Geneva: 192 pages.
- Soro G.E., Dao A., Fadika V., Goula Bi T.A. et Srohorou B., 2016. Estimation des pluies journalières extrêmes supérieures à un seuil en climat tropical : cas de la Côte d'Ivoire. *Revue Physio – Géo*, **10**, 211-227.