HAL
open science

ÉTUDE COMPARÉE DU CYCLE DIURNE DES PRÉCIPITATIONS DE FORÊT ET DE SAVANE AU NORD-CONGO

Ghislain Toli

To cite this version:

Ghislain Toli. ÉTUDE COMPARÉE DU CYCLE DIURNE DES PRÉCIPITATIONS DE FORÊT ET DE SAVANE AU NORD-CONGO. 2021. hal-02931160v2

HAL Id: hal-02931160

https://hal.science/hal-02931160v2

Preprint submitted on 24 Jan 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTUDE COMPARÉE DU CYCLE DIURNE DES PRÉCIPITATIONS DE FORÊT ET DE SAVANE AU NORD-CONGO

Ghislain TOLI

Centre de Recherches et d'Études sur l'Environnement (CREE), École Normale Supérieure, Université de Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo.

Correspondance : tolighislain@gmail.com

Résumé

L'étude du cycle diurne des précipitations de forêt et de savane sur la période 1970-2009 vise à caractériser la répartition spatio-temporelle des précipitations journalières au Nord-Congo. La baisse des précipitations observée dans cette partie du pays a suscité l'intérêt d'une telle étude. Ainsi, les heures auxquelles les pluies surviennent le plus sur ces différentes zones ont été déterminées à partir des données des pluies journalières. Les intensités de pluies journalières ont également été calculées. Il ressort qu'il pleut le plus souvent le matin dans les zones de savane tandis que dans les zones de forêt il pleut souvent l'après-midi. S'agissant des intensités de pluies journalières, le constat est que les différentes zones présentent de faibles intensités, soit inférieures à la moyenne journalière. Les résultats obtenus nous ont permis de tirer la conclusion selon laquelle le cycle diurne des précipitations de forêt diffère de celui des précipitations de savane.

Mots-clés : précipitations, diurne, zone de forêt, zone de savane, mécanismes pluviogènes.

Abstract

The study of the diurnal cycle of forest and savanna precipitation over the period 1970-2009 aims to characterize the spatio-temporal distribution of daily rainfall in northern Congo. The decrease in precipitation observed in this part of the country has aroused the interest of such a study. Thus, the hours at which the rains occur most in these different areas were determined from the daily rainfall data. Daily rainfall intensities were also calculated. It appears that it rains most often in the morning in the savannah zones whereas in the forest areas it rains often the afternoon. With regard to daily rainfall intensities, the observation is that the various zones have low intensities, i.e. less than the daily average. The results obtained allow us to draw the conclusion that the diurnal cycle of forest precipitation differs from that of savannah rainfall.

Key-words: precipitation, diurnal, forest environment, savannah environment, rainfall mechanisms.

Introduction

Le monde est devenu le foyer de multiples catastrophes naturelles qui ne cessent d'interpeller les scientifiques. Pour la communauté scientifique, la prise de conscience de ces différentes catastrophes naturelles (inondations, sècheresses, érosions, cyclones, tempêtes, orages, tornades, pollutions…) constitue un défi énorme pour le devenir de l'humanité. En effet, ce présent travail sur l'étude comparée du cycle diurne des précipitations de forêt et de savane en milieu équatorial s'inscrit dans un contexte national de changement climatique.Les précipitations font partie des éléments les plus pertinents pour apprécier les variations climatiques dans les régions intertropicales. L'Afrique centrale, connait depuis plus de trois décennies une variabilité du cycle des précipitations journalières, annuelles et décennales. Cette variabilité climatique est mise en exergue à travers les différents travaux de Mpounza et Samba-Kimbata, (1990) ; de Bigot et *al.*, (1997, 1998) et de Tsalefac et *al.*, (2015) qui révèlent que la décennie 1980 peut être considérée globalement comme la plus déficitaire en Afrique centrale. Au Congo-Brazzaville cependant, les différents travaux de Samba et Mpounza (2005) et de Samba et Nganga (2012) confirment cette tendance à la baisse observée depuis les années 1980 au niveau des précipitations. Ainsi, cette baisse pourrait donc être susceptible d'apporter des modifications dans la répartition des pluies journalières. C'est dans ce contexte que la présente étude s'est interrogé sur le fonctionnement du cycle diurne des précipitations de forêt et de savane dans cette partie du pays. À la suite de cette interrogation, trois questions essentielles ont été énumérées : quels sont les mécanismes qui expliquent le déclenchement des précipitations dans les zones de forêt et de savane du Nord-Congo ? À quel moment de la journée il pleut souvent dans les zones de forêt et de savane du Nord-Congo ? Et quels sont les intensités de pluies journalières enregistrées dans ces différentes zones ? Ainsi, cette étude cherche à caractériser le comportement des pluies journalières sur les zones de forêt et sur les zones de savane dans la partie septentrionale du Congo-Brazzaville. Dans cette même lancée, elle cherche également à analyser les différents mécanismes pluviogènes en zone de forêt et en zone de savane tout en cherchant à déterminer, par la suite, les heures auxquelles il pleut souvent dans les zones de forêt et de zone de savane et enfin, à apprécier les intensités de pluies journalières dans les zones de forêt et dans les zones de savane.

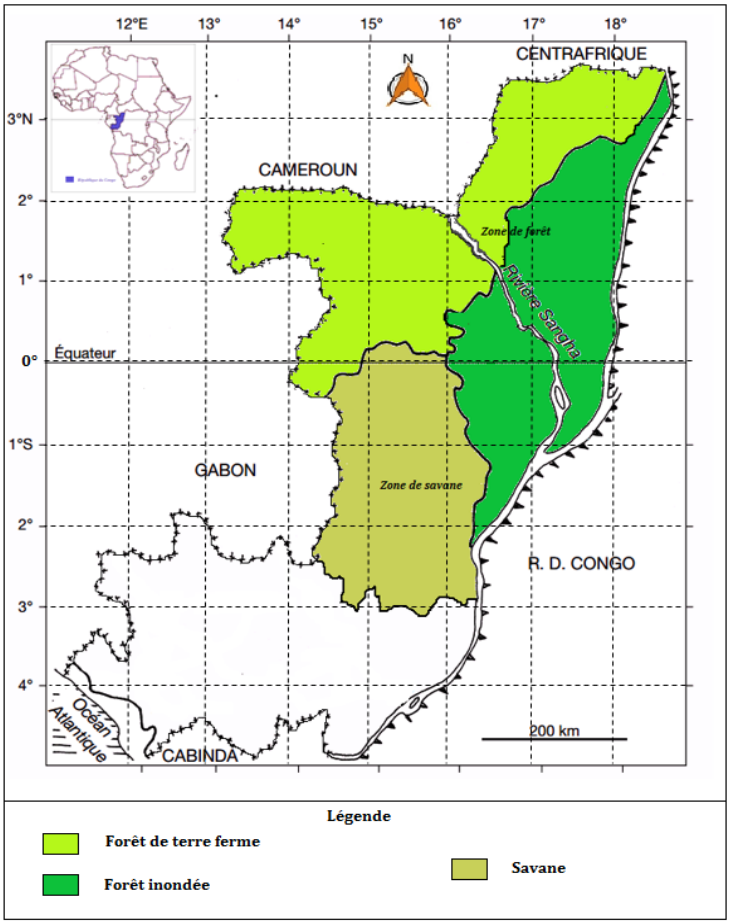

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (modifiée par Toli, 2019).

1. Données et méthodes

1.1.Données

Les données des précipitations journalières ont permis la réalisation de cette étude sur l'étude comparée du cycle diurne des précipitations de forêt et de savane au Nord-Congo. Ces données des pluies journalières ont été recueillis pour les stations synoptiques localisées au Nord-Congo ; il s'agit de la station de Ouesso, d'Impfondo et de Gamboma. Les stationsde Ouesso et d'Impfondo ont été retenues pour les zones forestières et la station de Gamboma, quant à elle a servi pour les précipitations en zones savanicoles.Les données sont classées en deux types : les heures de débuts et de fins de pluies et les lames d'eau précipitées.

En effet, ces données portent essentiellement sur les années qui représentent les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000. Dans chaque décennie, nous avons sélectionnés les années présentant les mois les plus pluvieux, soit ≥120mm/mois. Ceci dans le but d'avoir une meilleure lecture des précipitations journalières survenues dans ces différentes décennies. Ces données d'observations ont été soumises aux méthodes statistiques.

1.2.Méthodes

Pour cette étude, trois méthodes essentielles ont été utilisées : le cumul, l'approche de calcul d'intensités de pluies et la moyenne arithmétique simple.

Le cumulqui est la somme des valeurs contenues dans une série ou matrice. Cette méthode nous a permis de représenter le nombre de pluies survenues dans chaque intervalle horaire. Car, pour chaque décennie, on a fait la somme des pluies tombées dans les intervalles horaires allant de 1h à 6h, de 6 à 12h, de 12 à 18h et de 18 à 24h pour les mois jugés plus pluvieux. Ceci afin de mettre en exergue le nombre de pluies journalières tombées par décennie. Il est défini de la manière suivante :

$$\boldsymbol{Somme}: \sum \mathbf{P}\boldsymbol{i}$$

Avec :

P_i : précipitations par intervalle horaire

L'approche de calcul d'intensité de pluiesqui est une approche qui consiste à diviser les données de précipitations (lames d'eau en millimètre) par le temps (heure, minute ou seconde). Cette approche nous a permis de déterminer la quantité d'eau tombée en milieu forestier et en milieu savanicole sur une durée donnée. Ceci dans but de savoir le moment de la journée qui recueille le plus de précipitations.Elle est donnée par l'équation suivante :

$$\boldsymbol{I}: \frac{\boldsymbol{P(mm)}}{\boldsymbol{T(s)}} = \boldsymbol{mm/s}$$

Avec :

I : intensité de pluies (millimètre par seconde)
P : précipitations (hauteurs de pluies) exprimées en millimètre
T : temps (en seconde)

La moyenne arithmétique simplequi est le rapport de la somme des valeurs de la série statistique sur le nombre de valeurs. Elle permet de déterminer la valeur centrale de la série pluviométrique (Samba, 2014). Cette méthode nous a permis de mettre en relief la moyenne journalière, utilisée comme seuil afin de déterminer les pluies à fortes et à faibles intensités. Elle est définie de la manière suivante :

$$\overline{\boldsymbol{X}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{N}} \sum_{\boldsymbol{i=0}}^{\boldsymbol{n}} \mathbf{X}\boldsymbol{i}$$

2. Résultats

2.1.Présentation des mécanismes pluviogènes de la zone d'étude

La partie septentrionale du Congo-Brazzaville bénéficie de deux climats : le climat équatoriale (sur les zones de forêt) et le climat tropical humide (sur les zones de savanes). Les mécanismes pluviogènes de la zone d'étude sont fortement dépendantes de la circulation atmosphérique qui reste dominée par la circulation des masses d'air issues des trois anticyclones subtropicaux permanents (Samba, 2014) : Açores (au nord-ouest), Sainte-Hélène (au sud-ouest) et Mascareignes (au sud-est). À cela, s'ajoute l'anticyclone Égypto-libyen au nord.

2.1.1. Mécanismes pluviogènes enzone de forêt

La forêt est un régulateur important du climat dans les zones intertropicales. C'est un moteur indispensable dans la distribution spatio-temporelle des précipitations à l'échelle locale. En effet, Les mécanismes qui agissent directement sur la pluviométrie dans cette réions forestière sont : l'humidité et l'évapotranspiration.

- **Humidité**

Selon Favier (2003), une forêt équatoriale peut atteindre jusqu'à 80 ou 100% d'humidité. En effet, la forêt a la capacité de recycler et de stocker localement l'humidité.

Le recyclage de l'humidité se passe au niveau du feuillage qui, par les mouvements de turbulences, arrive à intercepter une partie de la masse d'air humide océanique. Toutefois, le stockage de l'humidité au niveau de la forêt est assuré par le système racinaire des arbres. Au cours d'un épisode pluvieux, le système racinaire piège une partie importante des eaux de pluie qui arrivent au niveau du sol ; 7 à 18% selon Bigot (1997).

En effet, le sol permet aux arbres d'absorber une quantité importante des eaux de pluies. Cette quantité d'eau est par la suite transférée dans le tronc de l'arbre facilitant ainsi le processus de transpiration. Et cette transpiration des arbres associée à l'évaporation du sol humide forment l'évapotranspiration, puis l'évapotranspiration par son action, envoi dans l'atmosphère une masse importante de vapeur d'eau, et la condensation cette vapeur d'eau dans les basses couches de l'atmosphère facilite le déclenchement des précipitations. C'est un mécanisme qui alimente l'évapotranspiration à l'échelle d'une forêt

- **Évapotranspiration**

L'évapotranspiration se passe au niveau des feuilles, du tronc d'arbre et du sol. En effet, la forêt intercepte, par le biais de son feuillage, une partie considérable des eaux de pluies qui arrivent au niveau du sol. Au cours d'un épisode pluvieux, le feuillage de la forêt retient une quantité importante des eaux de pluies et il aide de beaucoup dans le processus d'évaporation. Aussenac, (1975, 1981)a démontré que la forêt intercepte et retient un pourcentage plus ou moins élevé des pluies sur son feuillage. Une partie de cette eau interceptée est ensuite évaporée dans l'atmosphère par le biais de l'évapotranspiration. L'évapotranspiration réinjecte donc dans l'atmosphère l'équivalent de plus de 50 % des précipitations annuelles (De Wasseigeet *al.,* 2015). Le taux d'évaporation des forêts des régions tropicales est comparable à celui des océans. La densité du feuillage des forêts permet

à celle-ci d'intercepter puis de restituer une grande partie des pluies. Le système forestier devient donc à la fois un récepteur de précipitations et un générateur de pluies à l'échelle locale par le biais de l'évapotranspiration. L'évapotranspiration devient donc un mécanisme déterminant dans les transferts de vapeur d'eau dans l'interface Forêt-Atmosphère (FA). Par l'évapotranspiration, la végétation recycle l'humidité localement et influence la distribution régionale des précipitations (Bigot, 1997 ; Bonell, 1998). Ces deux paramètres peuvent, par leur interaction, expliquer l'interrelation entre la forêt et le climat à l'échelle locale.

2.1.2. Mécanismes pluviogènes en zone de savane

Les mécanismes pluviogènes dans les savanes des plateaux Batéké, contrairement à ceux de la forêt équatoriale humide du Nord-Congo, sont largement dépendent de la circulation atmosphérique et de la présence du relief (plateaux et collines). En effet, contrairement à la forêt équatoriale, le fonctionnement d'une savane ne permet pas à celle-ci d'avoir une influence locale et directe sur les pluies quotidiennes. Car, nous sommes ici dans des régions de savane, où la transpiration des plantes ne saurait fournir à l'atmosphère une grande quantité d'eau. Toutefois, la compréhension des mécanismes pluviogènes en zone de savane reste très complexe et surtout peu étudiée. La particularité de la zone de savane prise en compte par notre étude est que celle-ci bénéficie des conditions de surfaces susceptibles de rendre possible la compréhension des interactions Terre-Atmosphère (TA).

Dans les régions de savanes qui occupent les plateaux Batéké, c'est le relief qui joue le principal rôle dans la répartition des éléments climatiques associé aux circulations des masses d'air océaniques. En effet, les savanes des plateaux Batéké sont susceptibles d'influencer sur la répartition spatio-temporelle des précipitations journalières. De par ses altitudes assez élevées (comprises entre 600 et 860 m) et son orientation favorable aux vents humides en provenance des océans, la région des savanes couvrant les plateaux Batéké favorise le système précipitant orographique. Ainsi, les mécanismes pluviogènes sur les savanes des plateaux Batéké dépendent entièrement des masses d'air humides provenant des océans Atlantique et Indien et de la présence des altitudes élevées constituants cette zone.

- **Exposition favorable aux masses d'airs océaniques (atlantiques et indiens)**

La région savanicole des plateaux Batéké bénéficie d'une position favorable à la l'arrivée des alizés saturés en humidité en provenance des océans Atlantique et Indien. En effet, les savanes des plateaux Batéké présentent une ouverture pour les masses d'air de direction sud-ouest issues de l'océan Atlantique. C'est l'action de l'anticyclone de Sainte-Hélène qui envoi vers le nord des alizés chargés en humidité. Ces alizés prennent une direction nord-est et c'est une portion de ces alizés chargés en humidité qui arrive au niveau du territoire congolais, précisément sur la partie méridionale du Congo-Brazzaville. C'est l'épaisseur de cet air humide de l'océan Atlantique qui détermine la formation des nuages et le déclenchement des pluies (Mengho, 2017). En dehors des masses d'air provenant de l'océan Atlantique, la région est également exposée aux masses d'air issues de l'anticyclone des Mascareignes en provenance de l'océan Indien. Celui-ci envoie un flux parfois chaud et sec (de Mai à Septembre) et humide (d'Octobre à Mai) qui prend une orientation nord-ouest et arrive jusqu'à la partie méridionale du territoire congolais. Ce qui fait de la région des savanes, couvrants les plateaux Batéké, un carrefour à la fois des masses d'airs atlantiques et indiens.

- **Présence des altitudes élevées**

Les savanes des plateaux Batéké poussent sur des altitudes assez élevées (600 et 860 m d'altitude). Ces altitudes élevées nuancent légèrement les températures et les climats, et sont donc susceptibles d'avoir une influence sur la répartition spatio-temporelle des précipitations. En effet, la présence des altitudes élevées sur les savanes des plateaux Batéké influence sur la trajectoire d'une masse d'air, provoquant ainsi l'élévation de celle-ci. L'élévation de cette masse d'air, en altitude, entraine son refroidissement. Et le refroidissement de cette masse d'air peut entraîner la formation d'une couverture nuageuse et déclencher des précipitations. Ce processus est réel sur les savanes des plateaux Batéké et est à l'origine des pluies orographiques. Grâce à l'action anticyclonique des anticyclones de Sainte-Hélène et des Mascareignes (qui envoient sur cette région des alizés océaniques), les savanes des plateaux Batéké arrivent à conditionner le déclenchement des pluies. Ces alizés océaniques se heurtent aux altitudes élevées des plateaux et génèrent ainsi le système précipitant orographique. Le relief génère des ascendances orographiques lorsque soufflent les alizés saturés en humidité.

2.2.Analyse des heures de pluies journalières en zone de forêt et en zone de savane

L'analyse des heures auxquelles il pleut souvent dans les zones de forêt et de savane permet de mieux appréhender le cycle diurne des précipitations en relation avec l'espace. Les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000 ont permis de déterminer, à partir des mois pluvieux, les intervalles horaires auxquelles la pluie tombe le plus souvent dans les zones de forêt et de savane au Nord-Congo.L'analyse porte essentiellement sur les horaires pluvieux, répartis selon les intervalles d'heures, dans les localités de Ouesso, d'Impfondo et de Gamboma. Ainsi les intervalles d'heures retenus ont été classé en quatre classes : la C1 (pour les pluies survenues entre 01 heure et 06 heures), la C2 (pour les pluies survenues entre 06 et 12 heures), la C3 (pour les pluies survenues entre 12 et 18 heures) et la C4 (pour les pluies survenues entre 18 et 24 heures).

2.2.1. Horaires des précipitations journalières en zone de forêt (Ouesso et Impfondo)

Pour déterminer les heures où il pleut souvent dans ces zones, nous avons sélectionné une année dans chaque décennie ; année présentant une forte pluviométrie ou des mois jugés plus pluvieux. Ces mois nous ont permis d'évaluer les différents intervalles horaires des pluies qui s'abattent pendant une journée. Les stations synoptiques de Ouesso et de Impfondo sont prises comme référence pour identifier les horaires de pluies journalières en zone de forêt.

- **Horaires des pluies journalières à Ouesso**

Dans la zone de Ouesso, on constate que, durant ces quatre décennies (1970, 1980, 1990 et 2000), la C3 (de 12 à 18 heures) des intervalles d'heure est la plus représentative.

La figure 2 met en relief le nombre de pluies journalières survenues dans chaque intervalle d'heures à Ouesso. Le constat est que les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000 ont enregistré les pics du nombre de pluies se situant entre 12 et 18 heures de la journée (les après-midis).

Pour l'année 1970, les pluies qui sont survenues entre 12 et 18 heures ont enregistré 44 occurrences de pluies contre 36 séquences pour des pluies survenues entre 06 et 12 heures ; 25 occurrences pour les pluies survenues entre 01 heure et 6 heures et 22 séquences pour les pluies survenues entre 18 et 24 heures.

L'année 1980 a enregistré 71 occurrences de pluies entre 12 et 18 heures. Cependant, on note 37 séquences de pluies pour l'intervalle d'heure allant de 06 heures à 12 heures ; 31 séquences pour les pluies survenues entre 18 et 24 heures et enfin, 27 occurrences de pluies pour les pluies survenues entre 01 heure et 06 heures.

Au cours de l'année 1992, on a enregistré 47 séquences de pluies survenues entre 12 et 18 heures contre 38 occurrences de pluies survenues entre 06 et 12 heures et les intervalles d'heures allant de 01 heures à 06 heures et de 18 à 24 heure ont enregistré, chacun, 24 séquences pluvieuses.

Enfin, pour l'année 2000, la tendance reste dominée par des pluies survenues entre 12 et 18 heures avec 52 occurrences de pluies contre 44 séquences de pluies pour les pluies survenues entre 06 et 12 heures ; 26 épisodes pluvieux pour les pluies survenues entre 01 heure et 06 heures et 19 séquences de pluies survenues entre 18 et 24 heures.

Cette présentation de la figure 2 pousse à reconnaître que les années 1970, 1980, 1992 et 2000 ont enregistré, dans l'ensemble, plus de précipitations sur un intervalle d'heures allant de 12 heures à 18heures.

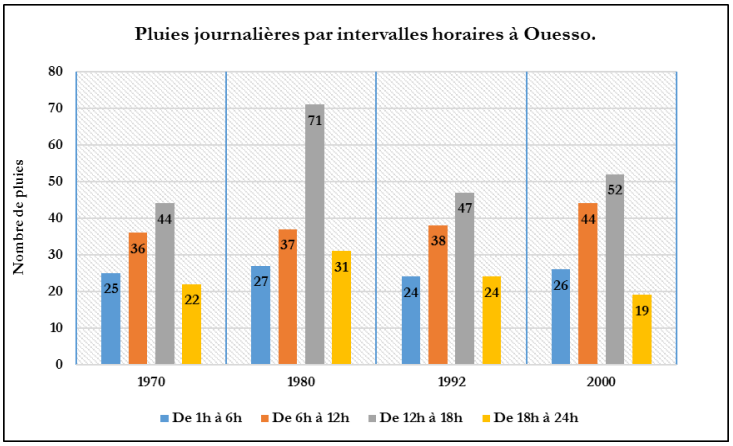

Figure 2 : répartition du nombre de pluies journalières par intervalles d'heures à Ouesso (1970, 1980, 1992 et 2000).

Cela laisse entrevoir que le résultat de l'interaction forêt-atmosphère agit le plus souvent entre 12heures et 18heures.Autrement dit, on peut confirmer que c'est durant cet intervalle d'heures que le résultat de l'action des masses d'air océaniques et du système forestier est d'autant plus visible.

- **Horaires des pluies journalières à Impfondo**

À Impfondo, l'analyse porte essentiellement sur les années 1978, 1982, 1990 et 2001. Ces années représentent ici les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000. Les mois plus humides de ces

différentes années révèlent que, pour la zone d'Impfondo, les pluies sont survenues le plus dans les après-midis, c'est-à-dire entre 12heures et 18heures. Comme le montre la figure 3, la tendance reste dominée par des précipitations survenues entre 12 et 18 heures.

L'année 1978 a présenté huit mois ayant enregistré chacun des hauteurs de pluies ≥ 120 mm/mois. Le constat est tel que c'est l'intervalle d'heures allant de 12 heures à 18 heures qui détient le record du nombre de séquences pluvieuses. Dans l'ensemble, on note 70 occurrences de pluies survenues entre 12 et 18 heures, suivit des pluies survenues entre 06 et 12 heures avec 55 séquences pluvieuses ensuite vient les pluies survenues entre 01 heure et 06 heures avec 34 occurrences de pluies et 18 épisodes pluvieux pour les pluies survenues entre 18 et 24 heures.

Pour l'année 1982, le constat reste quasiment le même car on a enregistré plus d'occurrences de pluies entre 12 et 18 heures. Ainsi, on compte 55 séquences de pluies survenues entre 12 et 18 heures contre 42 occurrences de pluies survenues entre 06 et 12 heures ; 22 séquences pluvieuses survenues entre 01 heure et 06 heures et à peine 19 occurrences de pluies survenues entre 18 et 24 heures.

Concernant l'année 1990, le pic du nombre de précipitations journalières se situe sur l'intervalle d'heures allant de 12 à 18 heures. Autrement dit, durant cette année, on a enregistré plus de pluies dans les après-midis. On note 39 séquences de pluies pour les pluies survenues entre 12 et 18 heures contre 26 occurrences de pluies pour les pluies survenues entre 06 et 12 heures, 17 épisodes pluvieux pour les pluies survenues entre 18 et 24 heures et 14 séquences pluvieuses survenues entre 01 heure et 06 heures.

Enfin, pour l'année 2001, les pluies sont le plus survenues entre 12 et 18 heures. On a enregistré le nombre record avec 71 occurrences de pluies survenues entre 12 et 18 heures. Les pluies survenues entre 06 et 12 heures ont enregistré 58 occurrences de pluies contre 34 séquences pluvieuses pour les pluies survenues entre 01 heure et 06 heures et 25 occurrences de pluies pour les pluies survenues entre 18 et 24 heures.

En effet, la figure 3 nous permet de comprendre clairement que durant les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000, ici représentées par une année jugée plus pluvieuse, les précipitations journalières sont survenues à plusieurs reprises au cours de l'après-midi, c'est-à-dire entre 12 et 18 heures.

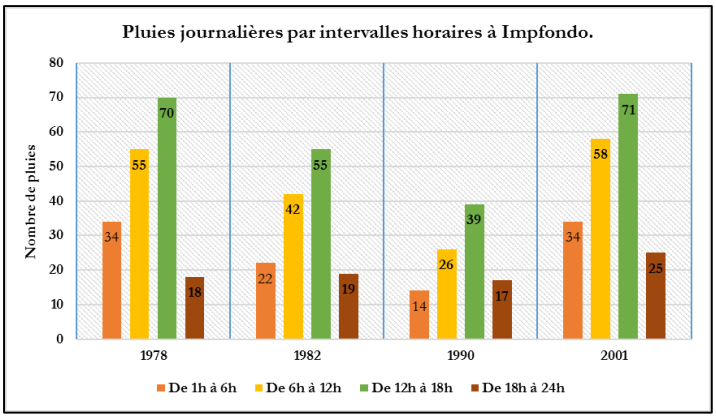

Figure 3 :répartition du nombre de pluies journalières par intervalles d'heures à Impfondo (1978, 1982, 1990 et 2001).

Les figures 2 et 3 mettent en lumière les pluies journalières survenues dans chaque intervalle horaire dans les zones de forêt (Ouesso et Impfondo). En effet, d'après de tels résultats, l'on comprend que dans ces zones de forêt il pleut plus souvent entre 12 et 18 heures, c'est-à-dire le plus souvent dans les après-midis.

2.2.2. Horaires des précipitations journalières en zone de savane

Comme souligné en amont, les zones de savane du Nord-Congo présentent des altitudes assez élevées et sont directement exposée aux masses d'air océaniques. Ce qui constitue un poids important dans la distribution spatio-temporelle des précipitations journalières. Afin d'évaluer les heures auxquelles il pleut souvent dans ces zones, la station synoptique de Gamboma a été retenue. L'analyse a essentiellement porté sur les précipitations journalières survenues dans les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000. Dans chaque décennie, une année a été choisie dans la mesure où elle présente des mois jugés plus pluvieux que d'autres.

- **Horaires des pluies journalières à Gamboma**

Dans l'analyse de la répartition temporelle des précipitations journalières à Gamboma, comme le montre la figure 4, nous avons constaté la prédominance des pluies survenues entre 06 heures et 12 heures. Cette répartition nous a permis de confirmer l'intervalle d'heures auxquelles il pleut souvent à Gamboma.

L'année 1970 a présenté 47 occurrences de pluies survenues entre 06 et 12 heures contre 40 séquences pluvieuses pour les pluies survenues entre 12 et 18 heures, 31 épisodes pluvieux pour les pluies survenues entre 01 heure et 06 heures et 10 séquences de pluies tombées entre 18 et 24 heures.

Pour l'année 1980, par contre, il a le plus plu entre 12 et 18 heures. On compte ainsi 45 occurrences de pluies survenues entre 12 et 18 heures contre 36 séquences pluvieuses survenues entre 06 et 12 heures, 25 épisodes pluvieux pour les pluies survenues entre 18 et 24 heures et 22 occurrences de pluies pour celles survenues entre 01 heure et 06 heures.

En effet, l'année 1990 a enregistré plus de précipitations dans l'intervalle d'heures compris entre 06 et 12 heures. Cette année a présenté 35 occurrences de pluies pour les pluies

survenues entre 06 et 12 heures contre 31 séquences de pluies pour l'intervalle d'heures compris entre 12 et 18 heures, 28 épisodes pluvieux pour les pluies survenues entre 01 heure et 06 heures et 22 pluies survenues entre 18 et 24 heures.

Enfin, pour l'année 2009, on a enregistré également plus de précipitations dans l'intervalle d'heures allant de 06 à 12 heures. On peut noter 40 séquences de pluies survenues entre 06 et 12 heures contre 34 occurrences de pluies survenues entre 12 et 18 heures, 26 séquences pluvieuses pour les pluies survenues entre 01 heure et 06 heures et enfin, 13 occurrences de pluies survenues entre 18 et 24 heures.

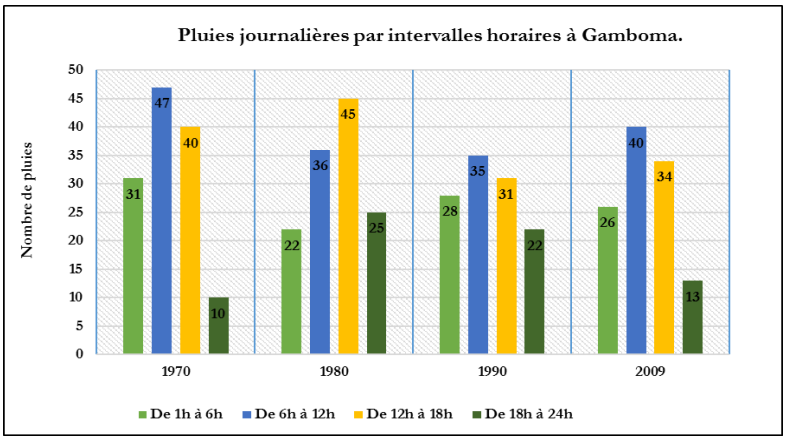

Figure 4 : répartition du nombre de pluies journalières par intervalles d'heures à Gamboma (1970, 1980, 1990 et 2009).

2.3. Analyse des intensités de pluies journalières en zone de forêt et en zone de savane

L'analyse des intensités de pluies journalières permet de mettre en lumière la quantité d'eau de pluies journalières survenues par seconde en zone de forêt et en zone de savane au Nord-Congo. Ceci dans le but de parvenir à une bonne compréhension du phénomène pluviométrique dans le Congo septentrional. Pour ce faire, les intensités de pluies ont été calculées et réparties dans chaque intervalle d'heures, représenté ici par classe, c'est-à-dire réparties laC1, la C2, la C3 et la C4. Cette démarche nous a permis de mieux saisir la quantité d'eau tombée dans chaque intervalle d'heures sur une durée donnée.

2.3.1. Intensités des précipitations journalières en zone de forêt (Ouesso et Impfondo)

Les intensités des précipitations journalières survenues à Ouesso et à Impfondo ont été calculées à partir des données de lames d'eau et de durées de pluies. Ces données sont basées sur les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000 auxquelles nous avons sélectionné, pour chaque décennie, une année. Dans cette même lancée, les années retenues ont chacun présenté des mois ayant enregistré plus de précipitations par rapport à d'autres. La mise en place d'une moyenne journalière a été utilisée comme seuil, c'est-à-dire afin qualifier une pluie de forte ou de faible intensité.

- **Intensités des pluies journalières à Ouesso**

À Ouesso, les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000 ont présenté, dans l'ensemble, plus de pluies à faibles intensités. En effet, la figure 5 fait un état du nombre de pluies à fortes et à faibles intensités survenues à Ouesso au cours des années 1970, 1980, 1992 et 2000.

L'année 1970 a enregistré des intensités de pluies qui varient entre de 0,01 mm/s à 9,31 mm/s. La moyenne journalière nous a permis de mettre en relief le nombre de pluies à fortes et à faibles intensités. Par rapport à la moyenne journalière qui est de 3,58 mm/s, on peut compter 47 pluies à faibles intensités, c'est-à-dire < 3,58 mm/s contre 25 pluies à fortes intensités, soit >3,58 mm/s.

Pour l'année 1980, les intensités de pluies varient entre 0,02 mm/s et 9,86 mm/s. Comme le montre la figure 5, la tendance reste dominée par des pluies à faibles intensités. La moyenne journalière ici est de 4,11 mm/s. Par rapport à cette moyenne journalière, l'année 1980 a enregistré 40 pluies à faibles intensités, soit <4,11 mm/s contre 34 pluies à fortes intensités, soit >4,11 mm/s.

Les résultats des intensités de pluies pour l'année 1992 tels que présentés sur la figure 5 nous a permis de reconnaître que cette année a enregistré plus de pluies à faibles intensités. Les intensités de pluies ici varient de 0,01 mm/s à 9,98 mm/s. Par rapport à la moyenne journalière des intensités de pluies survenues à Ouesso au cours de cette année (qui est de 3,83 mm/s), on compte 43 pluies à faibles intensités contre 30 pluies à fortes intensités.

Enfin, la figure 5 montre que l'année 2000 présente également plus de pluies à faibles intensités, c'est-à-dire plus de pluies ayant présentées des intensités de pluies supérieures à la moyenne journalière. Au cours de cette année, les intensités de pluies varient de 0,01 mm/s à 9,46 mm/s. On a enregistré 37 pluies à faibles intensités, soit <2,90 mm/s contre 25 pluies à fortes intensités, soit >2,90 mm/s.

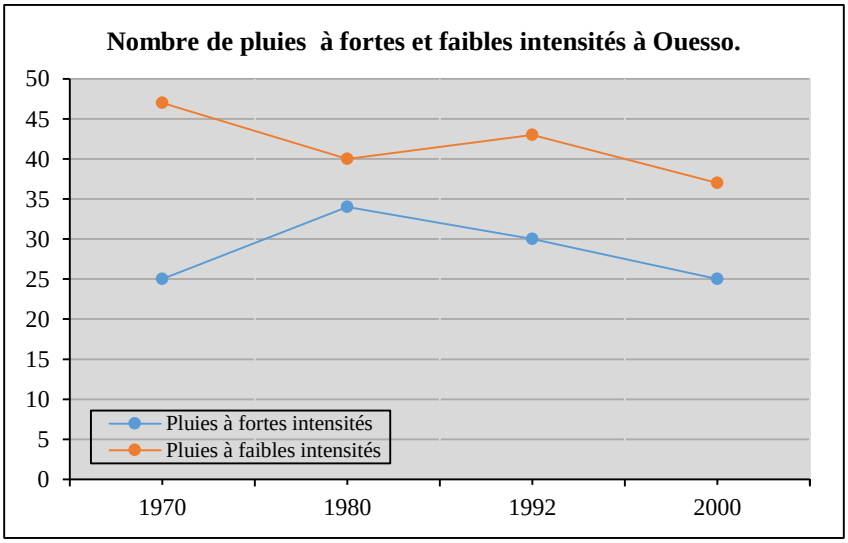

Figure 5 : répartition du nombre de pluies à fortes et faibles intensités à Ouesso (1970, 1980, 1992 et 2000).

- **Intensités des pluies journalières à Impfondo**

Les données de pluies journalières à Impfondo laissent entrevoir que les pluies survenues dans les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000 présentent, dans l'ensemble, des faibles intensités. Les résultats présentés par la figure 6 montrent qu'au cours des années 1978, 1982, 1990 et 2001 ont a enregistré plus de pluies à faibles intensités à Impfondo.

Les intensités de pluies journalières au cours de l'année 1978 varient entre 0,01 mm/s et 8,77 mm/s. Avec une moyenne journalière de 3,23 mm/s, on compte 70 pluies à faibles intensités, soit < 3,23 mm/s contre 40 séquences pluvieuses à fortes intensités, soit >3,23 mm/s.

Pour l'année 1982, les intensités de pluies varient de 0,01mm/s à 9,83mm/s. les intensités de pluies survenues à Impfondo durant cette année ont enregistré une moyenne journalière de 3,47 mm/s. Par rapport à cette moyenne journalière, on compte 55 occurrences de pluies à faibles intensités, soit inférieur à la moyenne journalière contre 29 pluies à fortes intensités, soit supérieurs à la moyenne journalière.

L'année 1990 a présenté des intensités de pluies qui vont de 1,2 mm/s à 9,64 mm/s. par rapport à la moyenne journalière (4,15 mm/s), on a enregistré 31 pluies à faibles intensités contre 20 pluies à fortes intensités.

Enfin, l'année 2001 a enregistré des intensités de pluies qui varient entre 0,01 mm/s et 9,91 mm/s. Avec une moyenne journalière de 3,71 mm/s, on compte 49 séquences pluvieuses à faibles intensités, soit <3,71 mm/s contre 39 pluies à fortes intensités, soit >3,71 mm/s.

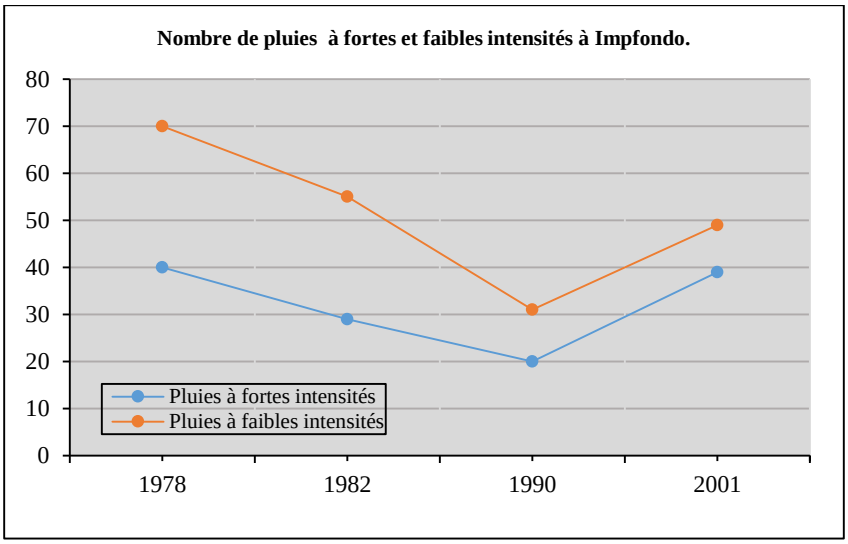

Figure 6 : répartition du nombre de pluies à fortes et faibles intensités à Impfondo (1978, 1982, 1990 et 2001).

2.3.2. Intensités des précipitations journalières en zone de savane

L'étude des intensités des précipitations journalières dans la zone de Gamboma est également basée sur les décennies 1970, 1980, 1990 et 2000. La sélection d'une année jugée plus humide dans chaque décennie a été faite. Dans cette zone de savane, la tendance reste également dominée par des pluies à faibles intensités, malgré la particularité de l'année 1970.

- **Intensités des pluies journalières à Gamboma**

Pour Gamboma, les données de pluies journalières ont permis de reconnaître que les pluies survenues dans cette localité au cours des décennies 1970, 1980, 1990 et 2000 ont présenté plus de plus à faibles intensités. Comme en témoignent les résultats de la figure 7, les pluies à faibles intensités sont largement dominantes durant les années 1980, 1990 et 2009. Par contre, on a enregistré plus de séquences pluvieuses à fortes intensités au cours de l'année 1970.

Les occurrences de pluies survenues à Gamboma durant l'année 1970 ont présenté un grand nombre de pluies à fortes intensités. Les intensités de pluies ici varient entre 1,1 mm/s et 9,31 mm/s. La moyenne journalière obtenue est de 3,86 mm/s. Par rapport à cette moyenne journalière, on enregistre 27 pluies à faibles intensités, soit <3,86 mm/s contre 44 occurrences de pluies à fortes intensités, soit >3,86 mm/s.

L'année 1980 a enregistré des intensités de pluies qui varient de 0,01 mm/s à 9,1 mm/s. Avec une moyenne journalière de 3,85 mm/s, on compte 51 pluies à faibles intensités contre 32 pluies à fortes intensités.

Au cours de l'année 1990, on a enregistré des intensités de pluies qui vont de 0,01 mm/s à 9,48 mm/s. La moyenne journalière pour les intensités de pluies survenues à Gamboma durant cette année est de 3,16 mm/s. Et on a enregistré 44 épisodes de pluies à faibles intensités conte 28 pluies à fortes intensités.

Et en ce qui concerne l'année 2009, on a noté une variation des intensités de pluies qui va de 1,04 mm/s à 9,86 mm/s. Ici, la moyenne journalière des intensités de pluies est de 4,11 mm/s. Et par rapport à cette moyenne journalière, on compte 39 pluies à faibles intensités, soit <4,11 mm/s contre 27 pluies à fortes intensités, donc >4,11 mm/s.

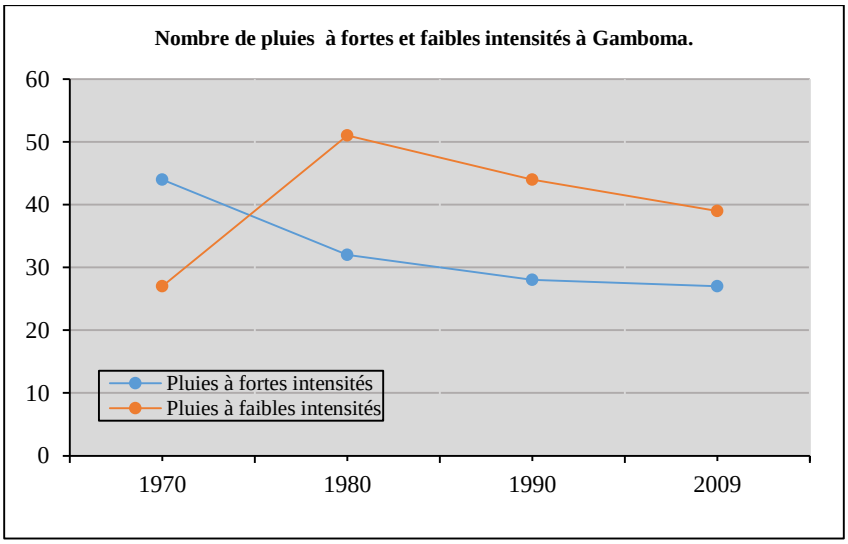

Figure 7 : répartition du nombre de pluies à fortes et faibles intensités à Gamboma (1970, 1980, 1990 et 2009).

3. Discussion

La particularité du Congo septentrionale est que c'est une zone où les masses d'air interagissent avec les conditions de surface continentale comme le relief et la forêt pour réguler le cycle climatique de la zone. De ce fait, les résultats obtenus pour l'étude des mécanismes pluviogènes au Nord-Congo peuvent se résumer à : l'action anticyclonique qui envoie des alizés sur cette partie du Congo-Brazzaville ; les interactions entre les masses d'air océaniques et le relief (l'altitude) et les interactions entre les masses d'air océaniques et la forêt. Telle que présentée, ces trois critères font du Congo septentrional une partie à forte pluviométrie.

Les résultats obtenus l'analyse des heures de pluies ou des intervalles d'heures auxquelles il pleut souvent en zone de forêt (Ouesso et Impfondo) et en zone de savane (Gamboma) nous ont permis de comprendre que l'influence de la circulation des masses d'air océaniques n'agit pas de la même manière dans ces différents milieux. En effet, on peut de ce fait déduire que les masses d'air d'origine océanique (l'océan Atlantique, en particulier) et de direction sud-ouest arrivent tardivement dans les zones de forêt et plus tôt dans les zones de savanes. Autrement dit, les zones de savane (comme celle de Gamboma) sont exposées, en premier, aux masses d'air océanique par rapport aux zones de forêt (Ouesso et Impfondo) qui les reçoivent en dernier. Ce qui donne naissance à ce décalage des heures de pluies ; il pleut le plus souvent le matin, c'est-à-dire entre 06 et 12 heures à Gamboma et l'après-midi, c'est-à-dire entre 12 et 18 heures à Ouesso et à Impfondo. Car l'arrivée, en premier, des masses d'air sur les savanes des plateaux Batéké peut expliquer le déclenchement des précipitations sur un intervalle de temps compris entre 06 et 12 heures. Ces alizés de direction Ouest terminent leur course dans la forêt du Nord-Congo ; ce qui fait qu'il plut souvent entre 12 et 18 heures dans ces zones.

À partir des données journalières des précipitations, l'examen de la force et de l'énergie des pluies survenues à Ouesso, à Impfondo et à Gamboma au cours des décennies précitées a été fait. Le calcul des intensités a permis d'identifier le nombre de pluies à faibles intensités par rapport à la moyenne journalière. En effet, on peut reconnaître que les pluies qui surviennent en zone de forêt (Ouesso et Impfondo) et en zone de savane présentent des faibles intensités de pluies. Cela est certainement lié à la baisse des précipitations observée dans cette partie du pays.

Conclusion

Le Congo-Brazzaville, comme la plupart des pays de l'Afrique centrale, est une région qui connait une variabilité climatique importante au cours de ces dernières décennies. La connaissance de la variation diurne des précipitations permet non seulement d'aller plus loin dans l'étude des mécanismes qui régissent le temps sur le pays, mais elle autorise aussi une planification rationnelle des activités humaines. La pluviométrie sur l'ensemble du territoire est loin d'être homogène. L'étude sur le cycle diurne des précipitations de forêt et de savane dans la partie septentrionale du Congo-Brazzaville a permis de bâtir de nouvelles bases dans la compréhension du phénomène pluviométrique de cette partie du pays. La connaissance des mécanismes susceptibles d'influencer sur le déclenchement des précipitations, la parfaite connaissance des auxquelles il pleut souvent en zone de forêt et en zone de savane ainsi que l'analyse des intensités de pluies dans la partie boréale du Congo-Brazzaville sont autant de questions qui constituent une contribution scientifique avancée dans l'étude de la pluviométrie des zones intertropicales. Les conclusions tirées de cette étude montrent que : la pluviométrie du Nord-Congo dépend à la fois de la circulation des masses d'air océaniques et des conditions de surface continental (relief et forêt) ; le cycle diurne des précipitations de forêt est différent de celui de savane. Car, en zone de forêt, il pleut le plus souvent l'après-midi (entre 12 heures et 18 heures) tandis qu'en zone de savane, il pleut le plus souvent le matin (entre 06 heures et 12 heures) et les différentes zones précitées présentent, dans l'ensemble, plus de pluies à faibles intensités.

Références bibliographiques

Aussenac G., (1969), *Influences du couvert forestier sur les précipitations*, Biologie et Forêt, p631-635.

Bigot S., Moron V, MeliceJ.L, Servat E et PaturelJ.E. (1998), *Fluctuations pluviométriques et analyse fréquentielle de la pluviosité en Afrique centrale*, Century Proceedings of the Abidjan'98Conferenceheld at Abidjan, Côte d'Ivoire, p71-78.

Bigot S., (1997), *Les précipitations et la convection profonde en Afrique Centrale : cycle saisonnier, variabilité interannuelle et impact sur la végétation*, Résumé, Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, Centre de recherches de Climatologie, 282 p.

Bigot S., Camberlin P, Moron V et RichardY. (1996), *Structures spatiales de la variabilité des précipitations en Afrique : une transition climatique à la fin des années 1960 ?* Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, série II, p181-188.

Brunet-MoretY. (1960), *Méthode d'analyse de la répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace*, Extrait de la publication n°53 de l'A. I. H. S. Commission d'Érosion Continentale, p268-277.

Camberlin P., (2007), *L'Afrique Centrale dans le contexte de la variabilité climatique tropicale interannuelle et intra-saisonnière*, Presses Universitaires d'Orléans, 14p.

Camberlin P., Beltrando G, Fontaine B et Richard Y. (2002), *Pluviométrie et crises climatiques en Afrique Tropicale : changements durables ou fluctuations interannuelles ?* Historiens& Géographes n°379, p263-273.

Centre National de la Statistique et des Études Économiques (CNSEE). (2012), *Annuaire statistique du Congo 2010*, Brazzaville, 387 p.

Chabi A-B-P, Yabi I, VissinW.E et Afouda F. (2015), *Étude de la typologie des pluies journalières en milieu subéquatorial au bénin*, XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, p454-450.

De Namur., (1990), *Aperçu sur la végétation de l'Afrique centrale atlantique* in Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique, p60-67.

De WasseigeC., MARSHALL M, MAHÉ G et LARAQUE A., (2015), *Interactions entre les caractéristiques climatiques et les forêts*, chapitre 3, p53-64.

DessayN., (2006), *Dynamique de la végétation et du climat : étude par télédétection de cinq biomes brésiliens, forêt ombrophile dense et ouverte, crado, caatinga et campanhagaúcha*, Thèse de Doctorat, Université Paris X Nanterre, 355 p.

Djoufack-ManetsaV., (2011), *Étude multi-échelle des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : Analyse spatiale, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI*, Thèse de doctorat, Université de Yaoundé I, 303 p.

Dumas D., (2009), *Estimation de l'influence de la couverture forestière sur les pluies en montagne : exemple du massif de la Chartreuse,* Revue Forestière Française, École nationale du génie rural, 14 p.

Favier C., (2003), *Hommes, savanes, forêts : modélisation de systèmes dynamiques liant l'homme à son environnement*, Thèse de Doctorat, Université de Paris XI Orsay, 257p.

Garot T., (2013), *Étude des précipitations journalières observées pendant la saison de pluies sur Madagascar, Mayotte, La Réunion et les îles Éparses de 1971 à 1999 : rôle et contribution des talwegs tropicaux-tempérés*, Mémoire de Master, Université de Bourgogne, 47 p.

Kimpouni V, Apani E et Motom M.,(2013), *Analyse phytoécologique de la flore ligneuse de la Haute Sangha (République du Congo),* Adansonia, Publications Scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, pp107-134.

Kalombo-KamutandaD., (2015), *Caractérisation de la répartition temporelle des précipitations à Lubumbashi (sud-est de la RDC) sur la période 1970-2014,* XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, p531-538.

MenghoB-M., (2017), *Géographie du Congo,* L'Harmattan, Paris, 325 p.

Mpounza M. et Samba-KimbataM.J., (1990), *Aperçu sur le climat de l'Afrique centrale occidentale,* in les cadres naturels, p39-41.

Samba G., (2014), *Le Congo-Brazzaville, Climat et environnement,* L'Harmattan, Paris, p24.

Samba G et Mpounza M., (2005) : *Application du processus de Markov sur les occurrences des précipitations journalières au Congo-Brazzaville,* Compte Rendu Géoscience (337) :pp.1355–1364.

Sultan B, Servat E, Maley J et Mahe G., (2001), *Interrelations entre les forêts tropicales et la variabilité climatique : une synthèse des études récentes,* Science et changements planétaires/Sécheresse, Volume 12, Numéro 4, 221-9, 16p.