



Note sur l'évolution temporelle (1992-2012) des précipitations mensuelles dans une région de savane urbanisée : cas de la ville de Mbuji-Mayi (RDC) (6° 10' S ; 23° 17' E ; 677 m).

Short paper on the temporal evolution (1992-2012) of monthly precipitations in an area of urbanized savannah : case of the city of Mbuji-Mayi (DRC) (6° 10' S ; 23° 17' E ; 677 m).

Donatien Kamutanda KALOMBO¹, Kabongo wa Tshikamba TSHIBANGU²
& Raymond Floribert TSHIMANGA³

Abstract: This short paper, based on the temporal analysis of monthly rainfalls in Mbuji-Mayi city (1992–2012), binds as objective, to search someone index likely to enlighten us on the evolution of precipitations in a general climate context marked by climate change. In the characterization of the rains at monthly level, their variability remains linked to the dynamism of the ITCZ (Intercontinental Convergence Zone). However some Maxima and minima can be linked to cyclic phenomena. These phenomena occur in a time of more or less 4 years and correspond largely to the El Niño and La Niña events. Finally at the seasonal scale an upward trend of the seasonal rains in the region is observed, the rainy seasons are more early (rains in August) and late (rains in July).

Key-words: Precipitations, trends, cycle, intertropical regions, Kasai Oriental, Mbuji-Mayi

Résumé : Cette note porte sur l'analyse temporelle des précipitations mensuelles observées dans la ville de Mbuji-Mayi sur une période de 21 ans (1992 à 2012). Elle se fixe comme objectif principal, de rechercher quel qu'indice susceptible de nous éclairer sur l'évolution des précipitations, dans un contexte environnemental général marqué par le changement climatique. Dans la caractérisation des pluies à l'échelle mensuelle, leur variabilité reste liée au dynamisme de la ZCIT (Zone de convergence intercontinentale). Cependant, quelques maxima et minima mensuels pourraient être liés à des phénomènes cycliques. Ces phénomènes se produiraient dans un intervalle de temps de plus ou moins 4 ans et correspondent assez largement aux événements El Niño et La Niña. Enfin, à l'échelle saisonnière une tendance à la hausse des pluies saisonnières dans la région est observée, les saisons pluvieuses sont de plus en plus précoces (pluies en août) et tardives (pluies en juillet).

Mots-clés : Précipitations, Tendances, Cycles, Régions intertropicales, Kasai Oriental, Mbuji-Mayi.

INTRODUCTION

Cette note, basée sur l'analyse temporelle des précipitations mensuelles, se fixe comme objectif principal, de rechercher quel indice est susceptible de nous éclairer sur l'évolution des éléments du climat, notamment les précipitations, dans un contexte général marqué par le changement climatique.

¹ Département de Géographie, Faculté de Sciences, Université de Lubumbashi (UNILU), (RD Congo), Kamutanda50@yahoo.fr, <http://rdcmaphs.centerblog.net>

² Faculté des Sciences Agronomiques, Université Officielle de Mbuji-Mayi (UOM), (RD Congo), gtshibangu@gmail.com

³ Département de Géographie et de Gestion de l'Environnement, Institut Supérieur Pédagogique de Mbuji-Mayi (ISP), (RD Congo), muaneuimpact@gmail.com

En effet, d'après les différentes études du Groupe Intergouvernemental d'Etude sur le Climat (GIEC), entre autres (GIEC, 2007 ; LE TREUT et al., 2007 ; REDDY & HODGES, 2000), les changements climatiques en cours affecteraient, diversement, les hauteurs pluviométriques dans les régions intertropicales.

Elles indiquent une hausse de 5 à 20 % par siècle, sur base des données de la période 1905-2005, laquelle marquerait les régions intertropicales aux latitudes de Mbuji-Mayi (figures 1, 2), c'est-à-dire en périphérie de la Cuvette Centrale congolaise (23°17' E ; 6°10' S ; 677 m).

En vue de mettre en évidence cette évolution des pluies (mensuelle et saisonnière) dans cette région, et en l'absence de données journalières (celles-ci n'étant pas sur support informatique, elles ne sont pas mises à la disposition du public), l'examen des événements climatiques mensuels et saisonniers a été réalisé grâce à :

- la caractérisation générale des pluies sur la période considérée 1992-2012 ;
- l'analyse des séries chronologiques ;
- aux autocorrélations partielles et à la probabilité d'occurrence des pluies au cours de la saison sèche ;
- à la recherche de tendances.

MILIEU D'ETUDE

Le milieu d'étude concerne la Ville de Mbuji-Mayi (23°17' E ; 6°10' S ; 677 m), chef-lieu de la Province du Kasai Oriental (Figure 1) située au centre de la République Démocratique du Congo (RDC).

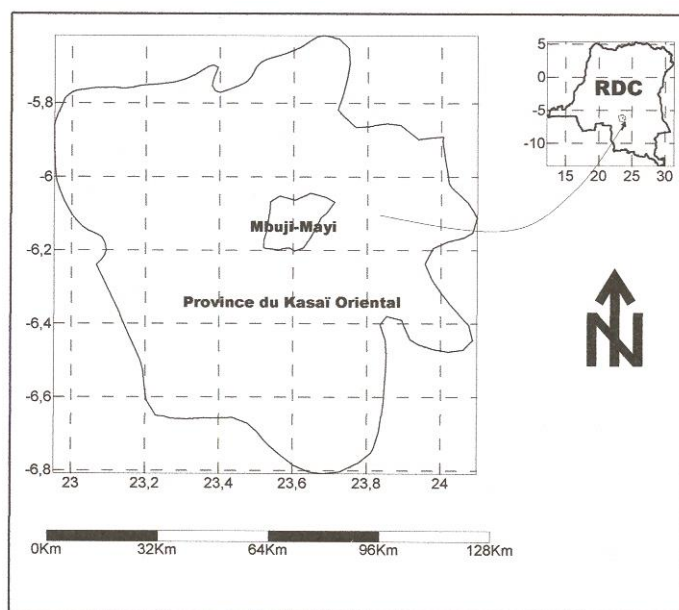


Figure 1 : Position géographique du territoire urbaine la ville de Mbuji-Mayi (Province du Kasai oriental – RDC)

Le climat général de cette province (situation concernant l'ensemble de l'ancienne province avant son découpage en trois entités différentes) est, selon les critères de KÖPPEN (1936), un climat tropical humide du type Af au Nord constitué d'écosystème forestier, et du type Aw au centre et au Sud constitués des savanes guinéennes entrecoupées de forêts semi-décidues, subéquatoriales et guinéennes, et des galeries ou massifs isolés. Les précipitations moyennes annuelles varient du Nord au Sud entre 1900 mm et 1400 mm avec une variabilité de la température moyenne annuelle de l'ordre de 22 °C à 25 °C, la température moyenne diurne du mois le plus froid étant supérieure à 18 °C (BULTOT, 1977 ; PNUD, 2009). La figure 2 illustre, d'après les estimations faites dans le cadre du projet « TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) » des lames d'eau mensuelles de novembre 2011. Notons ici que les estimations pluviométriques effectuées dans le cadre du projet TRMM, concernent l'ensemble de la ceinture intertropicale par la NASA (National Aeronautic and Space Administration ; HUFFMAN, G.J., R.F. ADLER, D.T. BOLVIN, G. GU, E.J.

NELKIN, K.P. BOWMAN, Y. HONG, E.F. STOCKER, D.B. WOLFF, 2007), conjointement avec l'Agence Nationale de développement spatial du Japon. Il est conçu pour surveiller et étudier des précipitations tropicales.

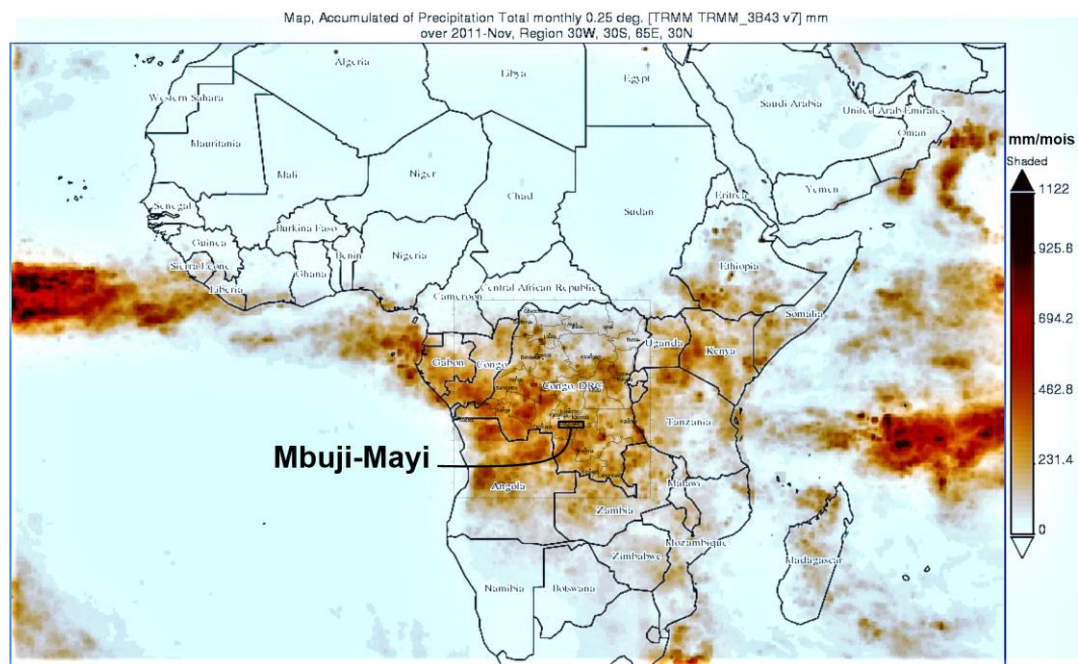


Figure 2. Position géographique de la ville de Mbuji-Mayi et position moyenne de la ZCIT sur le bassin du fleuve Congo en novembre 2011.

ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

Comme souligné ci-dessus, en vue de mettre en évidence l'évolution mensuelle des pluies, l'examen des événements climatiques a porté sur l'analyse des séries chronologiques ; le pas de temps de 5 ans a été retenu pour la visualisation sous forme de graphiques. Cette approche méthodologique avait déjà été utilisée dans un travail antérieur (KALOMBO *et al.* 1996). Toutefois les meilleurs intervalles révélés par les calculs des autocorrélations partielles sont indiqués et commentés ; bien que la longueur, relativement courte de la série (21 ans), ne permette pas de mieux déceler le phénomène cyclique recherché.

Les données pluviométriques exploitées sont celles du réseau de L'Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite (METTELSAT), un service technique et scientifique chargé de la météorologie et de toutes ses applications, de l'hydrologie opérationnelle et de l'évaluation des ressources naturelles par satellite et par la géophysique. Ce service qui fonctionne dans les aéroports, est confronté à divers problèmes (infrastructures, communications, insécurité), lesquels sont à la base du manque de données sur de longues périodes d'observations.

Toutefois, la caractérisation générale des pluies sur la période considérée, est décrite grâce au graphique Box Plot (figure 3). Par ailleurs, pour un meilleur suivi des pluies survenant pendant les mois de saison sèche (juin, juillet, voire août) et dont le rôle est de plus en plus important dans les cultures maraîchères, la probabilité d'occurrence de ces précipitations, a été calculée. Enfin les droites de tendances ont été tracées au niveau de chaque série d'observation mensuelle et saisonnière afin de visualiser l'évolution d'ensemble.

RÉSULTATS

Principaux aspects spécifiques des précipitations à Mbuji-Mayi.

Le graphique Box Plot (Figure 3) permet de relever différents faits mentionnés ci-après.

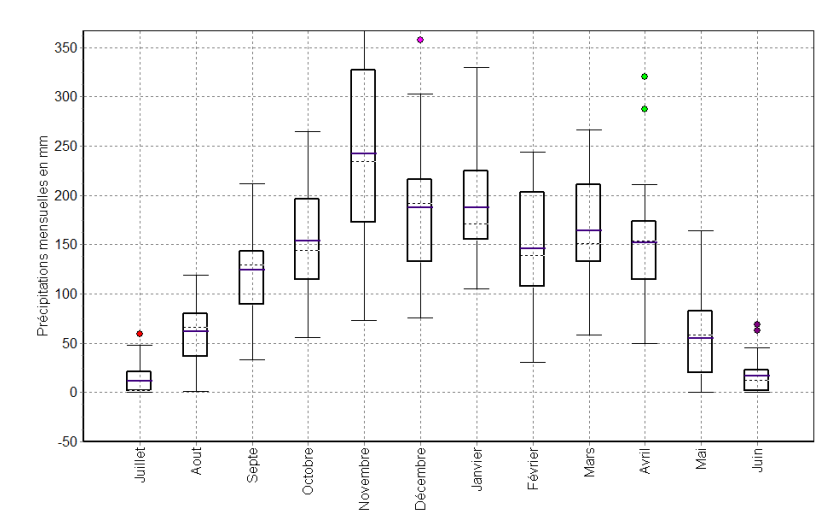


Figure 3. Caractérisation, à partir d'un « Box Plot », de la variabilité de pluies (1992-2012) à Mbuji-Mayi.

Dans le déroulement de la saison des pluies, novembre est le mois le plus pluvieux et est caractérisé en même temps par une forte variabilité des pluies : 50 % des lames d'eau mensuelles varient entre 160 et 330 mm (donc du simple au double). Le quartile supérieur atteint des valeurs exceptionnellement élevées (plus de 410 mm en 1993), alors que le quartile inférieur montre des minimas particulièrement bas (environ 70 mm en 2010 pour une moyenne pluri-mensuelle de 240 mm sur la période étudiée). Rappelons ici que novembre est le mois au cours duquel la ZCIT (Zone de Convergence Intertropicale) atteint, au moins en ce qui concerne sa trace au sol, la position zénithale dans la région concernée au cours de son déplacement vers l'hémisphère Sud. Le même graphique montre un deuxième maximum, généralement moins marqué que celui de novembre et qui survient souvent en mars. Celui-ci coïncide avec la remontée vers le Nord de la ZCIT. Cette dernière étant appauvrie en eau après sa stagnation dans le Sud, engendre des précipitations relativement faibles au cours de son parcours et avant d'atteindre la Cuvette centrale où son potentiel hydrique sera de nouveau optimisé. Cependant la variabilité des pluies au cours de ce mois est relativement faible : 50 % des lames d'eau varient entre 130 et 220 mm, le quartile supérieur atteint le maximum de plus de 260 mm et le minimum du quartile inférieur est de l'ordre de 60 mm (pour une moyenne pluri mensuelle de 165 mm). On peut également noter sur la même figure la pluviométrie relativement faible et variable de février par rapport à celle de mars : 50 % des lames d'eau varient entre 100 et 210 mm ; le maximum du troisième quartile ne dépasse pas 245 mm alors que le minimum du premier quartile atteint environ 30 mm de lames d'eau. La petite saison sèche, observée au cours de la saison pluvieuse, survient souvent en cette période. Néanmoins le manque des données pluviométriques journalières, ne permet pas d'apprécier la durée de cet épisode sec ni de préciser sa période d'occurrence au cours de ce mois. Cette période de diminution des pluies au cours de ce mois de février, est importante dans le déroulement du calendrier agricole dans la région ; elle permet, en effet, d'amorcer une première phase de récolte et une deuxième phase de semence. Le graphique montre également que les mois de saison sèche (juin et juillet) ne sont pas souvent complètement secs : 50 % des pluies peuvent atteindre 25 mm. Si le quartile inférieur est généralement marqué par l'absence des pluies, les maximas du quartile supérieur peuvent dépasser 50 mm (59 mm en juillet et 69 mm en juin pour des moyennes pluri-mensuelles de 11 et 17 mm respectivement). D'autre part, la probabilité de l'occurrence « pluie » au cours de ces mois, est relativement élevée : 62 % de chances en juin et 57 % en juillet. Ces faibles lames d'eau, bien qu'affectées par l'évaporation, laquelle dépasse les apports d'eau en cette période, sont bénéfiques pour les cultures maraîchères ; ceci dépendant néanmoins, entre autre, de la période de la journée de leur chute.

Evolution temporelle des précipitations (1992-2012)

L'analyse temporelle des précipitations se fait à partir des représentations graphiques reprenant pour chaque série de mois ou de saisons : les précipitations, la droite de tendance et la moyenne mobile. Pour plus de facilités de compréhension et d'interprétation, l'analyse se fait en quatre étapes liées au déroulement de la saison pluvieuse. Ce sont : le début de la saison pluvieuse (juillet et août) ; la grande saison pluvieuse comprenant notamment le principal maximum de novembre ainsi que les mois de septembre, octobre et décembre ; la deuxième phase de la saison des pluies incluant le deuxième maximum de mars ainsi que les mois de janvier, février et avril ; enfin la dernière étape, celle de la fin de la saison pluvieuse (mai et juin). Pour terminer, une évolution temporelle saisonnière est représentée en vue d'avoir une situation d'ensemble sur la période d'étude.

Evolution temporelle des pluies en début de saison (juillet et août)

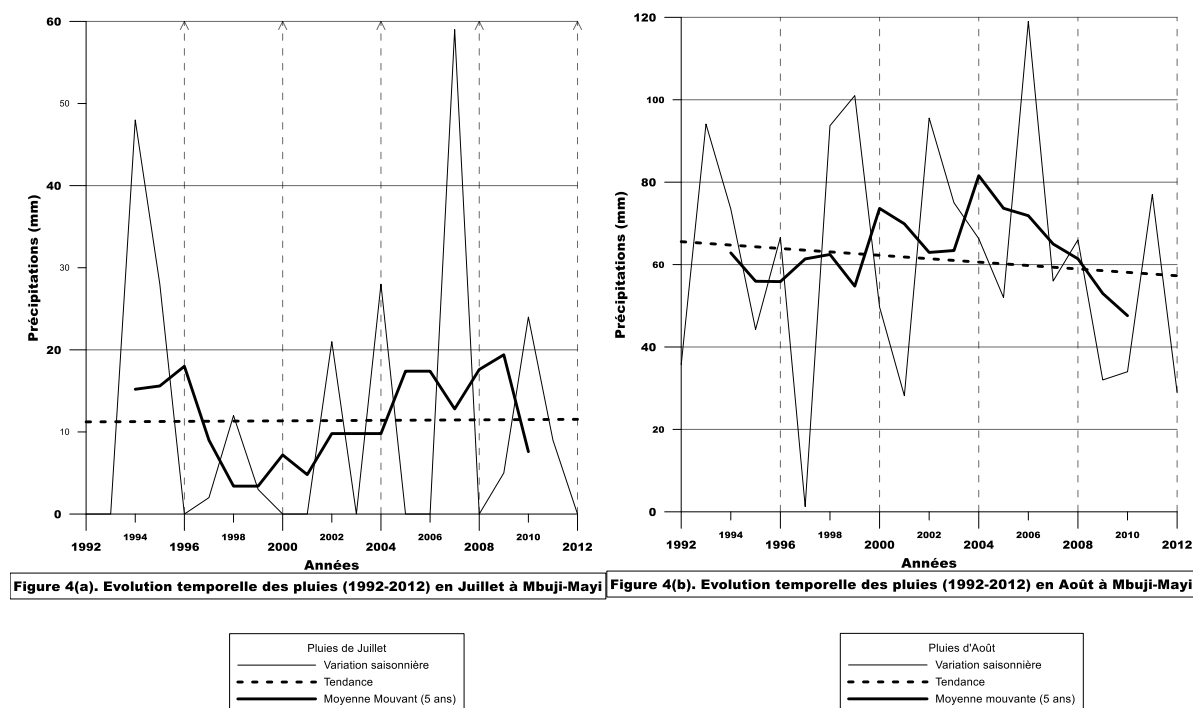


Figure 4 : Evolution temporelle des pluies en début de saison (juillet et août, 1992-2012) à Mbuji-Mayi.

La figure 4 montre qu'en juillet, il y a une quasi-absence de tendance (droite en pointillé) et que le coefficient de détermination (R) est nul. Concernant un phénomène cyclique éventuel, l'autocorrélation partielle (r) la plus élevée est de -3.67 ; elle est observée au pas de temps de deux ans. Ce cycle de deux ans semble s'inscrire dans une période beaucoup plus longue de 11 ans ($r = -0.33$). Cependant, la courte longueur de la série d'observation et la dynamique changeante de la ZCIT dans cette région ne permettent pas une interprétation facile de ces résultats.

En août, la figure montre une très légère tendance à la baisse des précipitations, mais statistiquement non significative, le R n'est que de 1 %. Concernant l'évolution cyclique, on note, comme en juillet, un cycle de deux ans ($r = -0.25$) et celui de 11 ans (-0.23).

Evolution temporelle des pluies de septembre à décembre.

En septembre, la figure 5 (partie supérieure gauche) montre une tendance à la hausse des pluies ; le coefficient de détermination atteint les 10 %. Pour ce qui est du phénomène cyclique, celui qui ressort le mieux est celui de 7 ans ($r = -0.34$) ; cependant la série étant, comme souligné ci-dessus, relativement courte et la corrélation moins significative, ces résultats sont à relativiser.

En octobre (partie supérieure droite de la figure 5), contrairement à septembre, la tendance de l'évolution des pluies n'est pas nette ($R = 1 \%$) comme le montre la droite en pointillé. Pourtant un cycle de 7 ans, bien que moins net, apparaît comme en septembre ($r = -0.40$). En novembre, le mois le plus pluvieux (partie inférieure gauche de la figure 5), accuse une légère tendance à la hausse des pluies ($R = 4 \%$). Cette tendance à la hausse, bien que très faible, aura un impact important sur les totaux saisonniers, étant donné le potentiel hydrique de ce mois. De même à l'échelle cyclique, bien que les autocorrélations soient très faibles, on peut toutefois noter leurs valeurs positives (0.12 à 0.19) tous les trois à cinq ans.

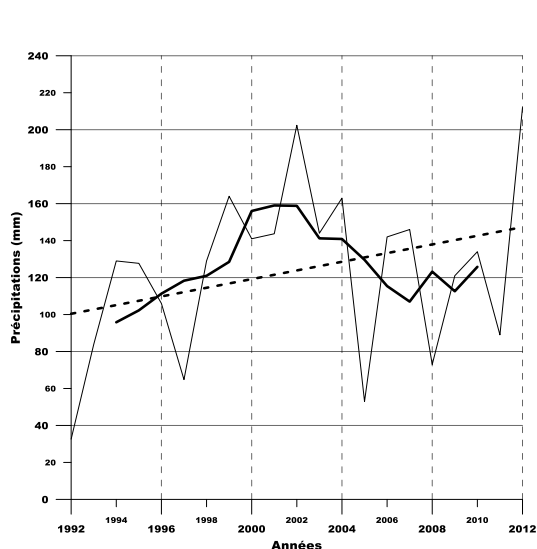


Figure 5(a). Evolution temporelle des pluies (1992-2014) en Septembre à Mbuji-Mayi

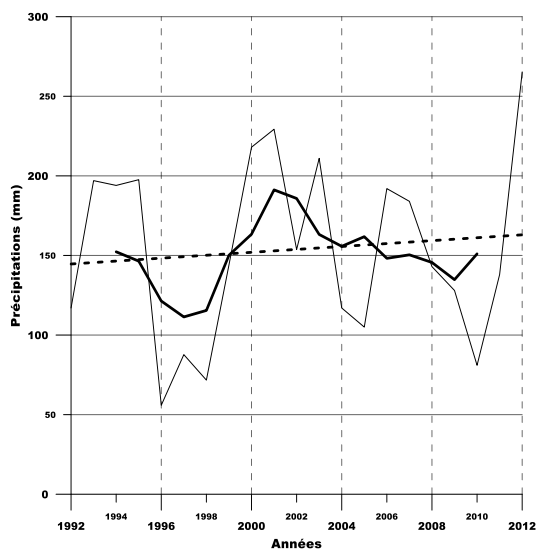


Figure 5(b). Evolution temporelle des pluies (1992-2012) en Octobre à Mbuji-Mayi

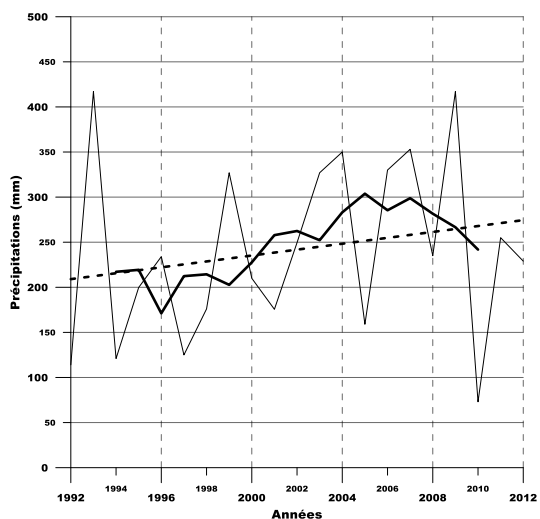
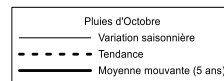
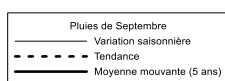


Figure 5(c). Evolution temporelle des pluies (1992-2012) en Novembre à Mbuji-Mayi

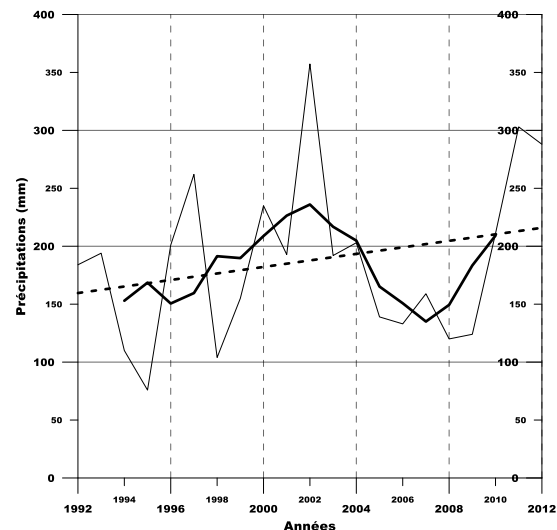


Figure 5(d). Evolution temporelle des pluies (1992-2012) de Décembre à Mbuji-Mayi

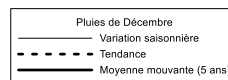
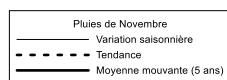


Figure 5 : Evolution temporelle des pluies au cours de la première phase de la saison pluvieuse (septembre, octobre, novembre et décembre) à Mbuji-Mayi (1992-2012).

En décembre (partie inférieure droite de la figure 5), on observe, comme en novembre ($R = 6\%$), une légère tendance à la hausse des pluies. Cette faible tendance à la hausse des pluies est marquée, comme dans d'autres situations pluri-mensuelles par la présence d'un cycle irrégulier dans sa durée et dans son amplitude : 6 à 7 ans ($r = -0.31$).

Evolution temporelle des pluies de janvier à avril

La période allant de janvier à avril constitue une deuxième phase de la saison pluvieuse dont les maxima mensuels sont, comme souligné ci-dessus, au mois de mars.

La figure 6 montre qu'en janvier (partie supérieure gauche), la droite de tendance indique une faible hausse des pluies ; le R n'est que 4% . L'analyse de la série chronologique montre un coefficient d'autocorrélation positif mais faible ($r = 0.23$) au pas de temps de 7 ans. Cet intervalle de temps exige cependant une longue série d'observations pour être confirmée.

En février (Figure 6, partie supérieure droite), on note l'absence quasi-totale de tendance dans l'évolution temporelle des pluies. En ce qui concerne la présence ou pas d'un cycle, l'analyse en séries temporelles montre un cycle de plus ou moins 3 ans ($r = -0.25$) marqué par une diminution sensible des pluies.

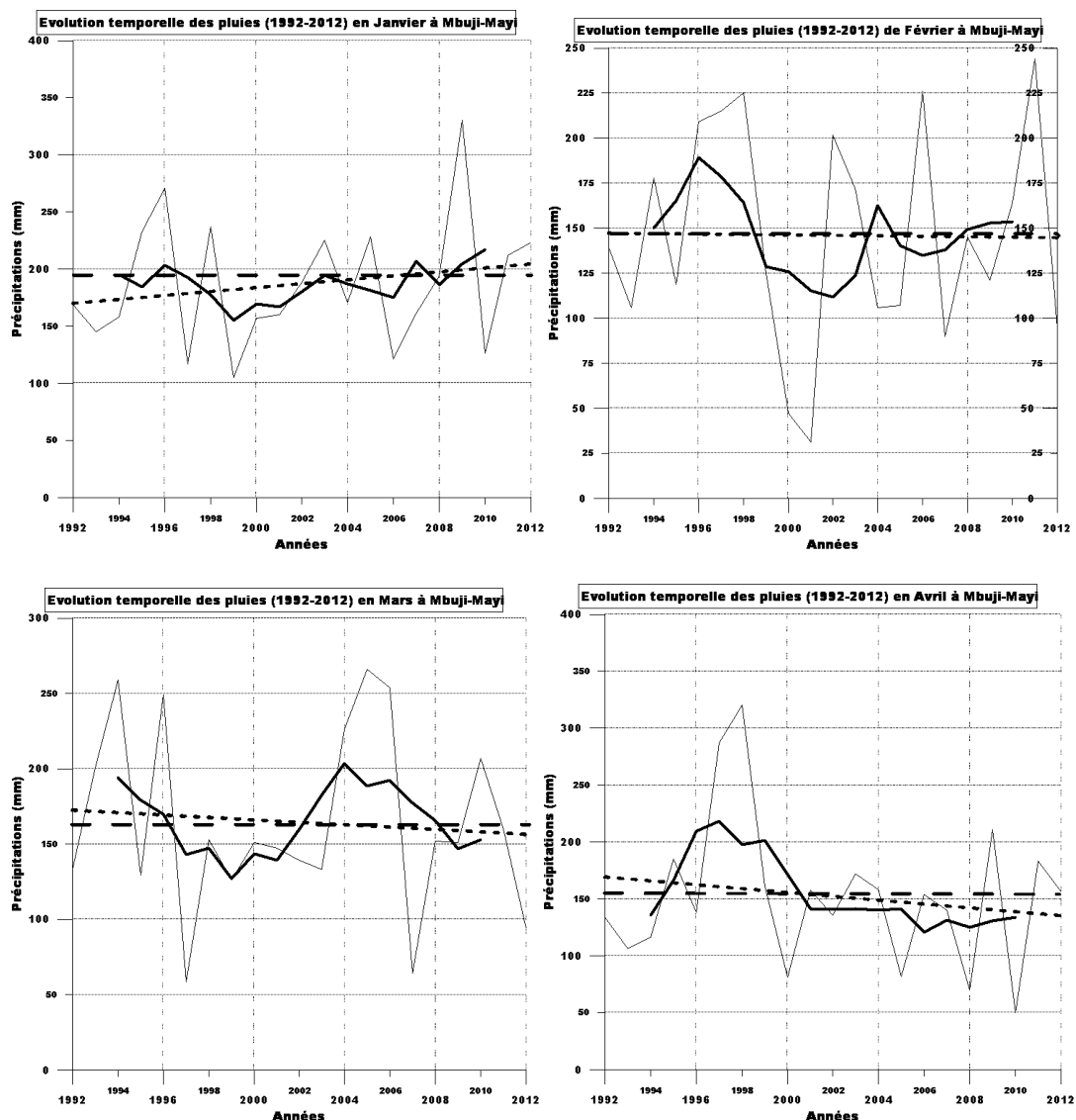


Figure 6 : Evolution temporelle des pluies au cours de la deuxième phase de la saison pluvieuse (janvier, février, mars et avril) à Mbuji-Mayi (1992-2012).

En mars (Figure 6, partie inférieure gauche), la droite de tendance montre une légère diminution des pluies ($R = 1 \%$). D'autre part un cycle de trois ans ($r = -0.23$) est mis en évidence ; celui-ci semble s'inscrire dans un autre plus long de 7 ans ($r = -0.40$).

De même en avril (Figure 6, partie inférieure droite), une légère tendance à la diminution des pluies est observée ($R = -2.65 \%$) et le cycle le mieux marqué est celui de 4 ans ($r = -0.22$).

Evolution temporelle des pluies de fin de saison (mai, juin)

Les mois de mai et juin marquent la fin de la saison pluvieuse et le début de la saison sèche. Une fin précoce de la saison pluvieuse (faible lame d'eau et sa mauvaise répartition en mai) pourrait entraîner un mauvais rendement des récoltes. Par contre une saison pluvieuse qui se prolonge entraînerait une perte de récoltes (maladies, moisissures suite à un mauvais ensoleillement).

En mai, la figure 7 (partie de gauche) montre une évolution des pluies sans tendance, malgré une légère progression vers la baisse. Par contre en juin (Figure 7, partie de droite), on note une tendance relativement bien marquée à la hausse des pluies ($R = 6.69 \%$). Juin étant essentiellement un mois de récolte, les pluies, de plus en plus abondantes, risqueraient de perturber cette période de récolte.

Un cycle de trois ans ressort au mois de mai ($r = -0.24$) et de plus ou moins 2 ans ($r = -0.29$) au mois de juin.

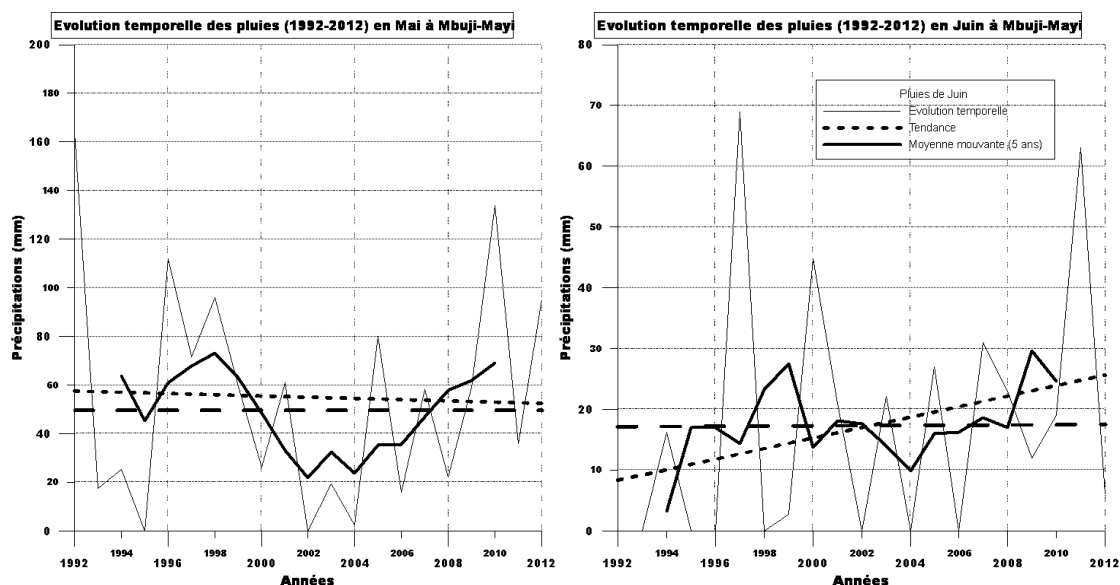


Figure 7 : Evolution temporelle des pluies en fin de saison pluvieuse (mai) et début de la saison sèche (juin) à Mbuji-Mayi (1992-2012).

Evolution temporelle des pluies sur l'ensemble de l'année (de juillet à juin)

La figure 8 présente l'évolution d'ensemble des pluies saisonnières. On peut remarquer une tendance générale à la hausse de ces pluies ($R = 8.69 \%$) ; une variabilité saisonnière relativement faible au cours de la période allant de 1993 à 2002 (les totaux saisonniers ont varié entre 1350 et 1630 mm) différente de celle observée sur la période après 2002 : entre 1250 (valeur de l'année 2008 et 1780 mm le record observé en 2011). Cependant cette progression, comme dans la plupart des situations mensuelles analysées ci-dessus, ne semble pas s'accompagner d'un mouvement cyclique assez net : -0.17 d'autocorrélation partielle pour un pas de temps de 4 ans et 0.23 d'autocorrélation partielle pour un intervalle de temps de plus ou moins 9 ans. Toutefois, la plupart des saisons pluvieuses marquées par les anomalies pluviométriques positives (1993, 1996, 2002, 2006, 2009) coïncident avec les années *El Niño* du Pacifique équatorial (MAGDELAINE, 2014). Mais l'importance de l'anomalie positive ne traduit pas nécessairement l'intensité et la durée du phénomène d'*El Niño* ; ainsi la saison 2002-2003 qui a été la plus excédentaire dans la région (plus de 1740 mm

pour 1500 mm de moyenne) a coïncidé avec l'avènement *El Niño* dont l'anomalie positive de la température était de l'ordre de 1 °C. Par contre la saison 1996-1997 qui a coïncidé avec un des puissants *El Niño* (plus de 2 °C d'anomalie), n'a enregistré que 100 mm d'excédent pluviométrique. D'autre part, les saisons marquées par des anomalies pluviométriques négatives (1995, 2000, 2005, 2008, 2010) correspondent aux années de *La Niña* caractérisées par les anomalies négatives des températures dans le Pacifique équatorial.

Toutefois, on notera que les droites des tendances aussi bien pluri mensuelles que saisonnières ne sont pas statistiquement significatives (d'après le test de Pearson) malgré parfois leur allure générale.

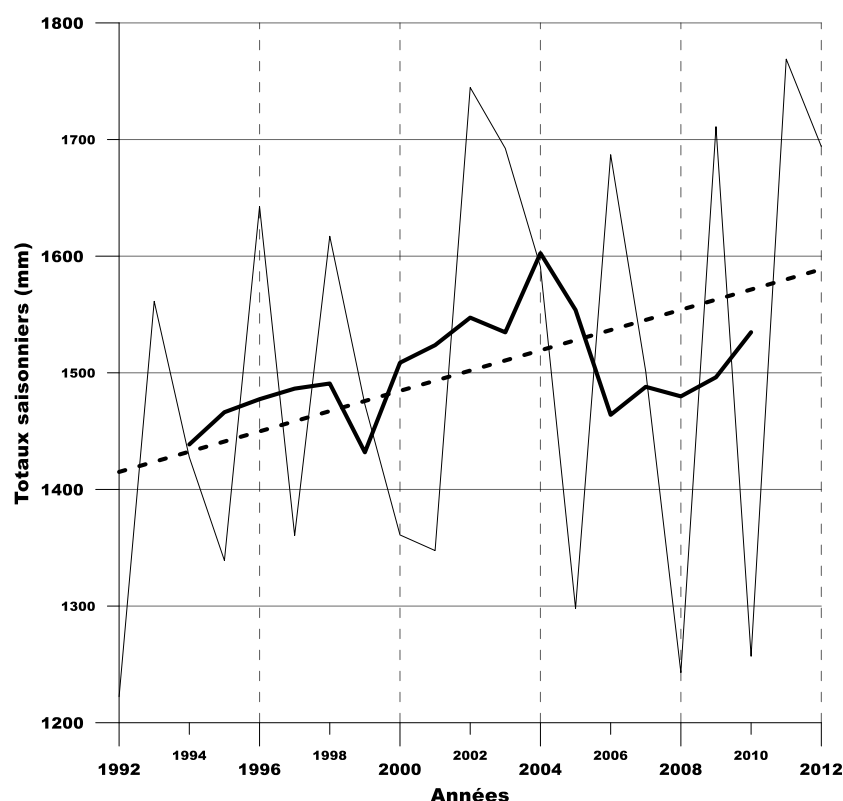


Figure 8. Evolution temporelle des pluies saisonnières (1992-2012) à Mbuji-Mayi

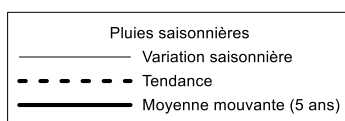


Figure 8 : Evolution temporelle des pluies saisonnières (de juillet à juin) à Mbuji-Mayi (1992-2012).

CONCLUSION

En début de saison pluvieuse, notamment au courant du mois d'Août, l'étude portant sur le suivi hebdomadaire des pluies sur le bassin du Congo a montré qu'au niveau des bas plateaux au sud de la Cuvette centrale, donc aux latitudes de Mbuji-Mayi, ces pluies (lesquelles conquièrent à la même période les hauts plateaux d'Angola situés plus au sud (HUFFMAN *et al.*, 2007) marquent un début précoce de la saison, parce que la trace au sol de la ZCIT se situe encore un peu plus au nord. Par contre les pluies de juillet marquent une fin tardive de la saison pluvieuse. Il est à noter que les résultats similaires avaient été trouvés, bien avant, sur le bassin du fleuve Congo à partir de l'analyse d'images Météosat (KALOMBO, 1999). Cette fin tardive (ou précoce), en plus de la tendance des pluies observée en Juin, est étroitement liée aux dynamismes des anticyclones des Mascareignes et Sainte Hélène.

Dans la caractérisation des pluies à l'échelle mensuelle, leur variabilité reste liée au dynamisme de la ZCIT (MORON *et al.* 2011). Cependant quelques maxima et minima peuvent être liés aux phénomènes cycliques. Ainsi, l'explication de la variabilité importante observée, notamment en novembre (le mois le plus pluvieux), serait à mettre en lien avec les événements cycliques, spécifiquement *El Niño* et *La Niña*. L'année 1993 au cours de laquelle le quartile supérieur a atteint des valeurs exceptionnellement élevées (plus de 410 mm) fut une année *El Niño* ; par contre, l'année 2010 au cours de laquelle le quartile inférieur avait atteint des minimas particulièrement bas (environ 70 mm) fut une année affectée par *La Niña*.

Ces phénomènes cycliques se produiraient dans un intervalle de temps de plus ou moins 4 ans et coïncident assez largement avec les événements *El Niño* et *La Niña*. Cependant une longue série d'observation est nécessaire pour mieux affiner ce cycle de 4 ans et celui un peu plus long de 7 ans.

En guise de conclusion, la précocité et la tardivité des saisons, la variabilité temporelle de pluies mensuelles, (diminution et excès des lames de pluies), modification du régime pluviométrique constituent les anomalies discriminées par cette étude. Ces faits avérés correspondent à ceux signalés par d'autres études consacrées à la prédiction de l'impact du réchauffement climatique sur l'agriculture à l'échelle mondiale (REDDY & HODGES, 2000 ; GIEC, 2007 ; MORON *et al.* 2011). En effet, il n'en demeure pas moins vrai que ces aléas climatiques ont inéluctablement des répercussions perturbatrices non seulement sur les calendriers agricoles, mais également sur les rendements des produits agricoles y compris les récoltes dans la région étudiée.

REFERENCES

- BULTOT F., 1977. Atlas climatiques du bassin zaïrois, Quatrième partie, Publications de l'I.N.E.A.C., Bruxelles, *Hors-Série*.
- GIEC, 2007. Climate change: Impacts adaptation and vulnerability, Summary for policymakers. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on climate. www.ipcc.ch.
- HUFFMAN G.J., ADLER R.F., BOLVIN D.T., GU G., NELKIN E.J., BOWMAN K.P., HONG Y., STOCKER, E.F. & WOLFF D.B., 2007. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis : Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale. *J. Hydrometeor.* 8 (1) : 38-55.
- KALOMBO K., ERPICUM M. & ASSANI A., 1996. Evolution chronologique des précipitations dans le Sud-Est du Zaïre. Comparaison avec celle des pays voisins. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 9 : 446-453.
- KALOMBO K., 1999. Suivi des anomalies pluviométriques en Afrique équatoriale et tropicale à l'aide d'images VISSR de Météosat. Quelques résultats de recherche sur le bassin du fleuve Congo. Actes des VIII^{èmes} journées de Télédétection de Lausanne 1999, pp. 233 - 239.
- KÖPPEN W., 1936. Das geographische System des Climate. In : KÖPPEN W & GEIGER R. (Eds.) *Handbuch der Klimatologie*. Band 1 Teil C. Bohntrage, Berlin.
- LE TREUT H., SOMERVILLE R., CUBASCH U., DING Y., MAURITZEN C., MOKSSIT A., PETERSON T. & PRATHER M., 2007. Historical Overview of Climate Change. In : *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [SOLOMON S., QIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIS M., AVERY K.B., TIGNOR M. & MILLER H.L. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- MAGDELAINE C., 2014. Phénomènes El Niño et La Niña ou ENSO/ENOA. <http://www.Notre-Planète.Info>.
- MORON V., ANDRE R. & JOSHUA Q., 2011. Les interactions d'échelle au sein du système climatique : L'exemple de l'impact des phases chaudes de l'El Niño Oscillation australe en Indonésie. *Annales de l'Association internationale de Climatologie* 8 : 43-57.
- PNUD, 2009. Province du Kasaï Oriental : Profil résumé, pauvreté et conditions de vie des ménages, 20 p.
- REDDY K.R. & HODGES R.F., 2000. Climate change and global crop productivity. CABI Publishing, Wallingford.