



---

## **ANALYSE DE LA VARIABILITE DES PLUIES ANNUELLES DE LA STATION METEOROLOGIQUE DE BANDUNDU VILLE DE 1961-2004**

Flarice NGALAMULUME TSHITOKA<sup>1\*</sup>, MISAMU NDANDU Socrate<sup>1</sup>, MUFUTA WA MUFUTA Joseph<sup>1</sup>, Francis MUPEPE NGAYIPA Nebys<sup>1</sup>, MUNYINGA LUNDA Francis<sup>1</sup>, SAKA IKOLI Kathy<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), Kinshasa, RD. Congo, E-mail: B.P.: 190  
Kinshasa XI, RD. Congo

### **Résumé**

Cette étude fait la synthèse des connaissances nouvelles acquises sur la variabilité, à partir de l'analyse de la série de données des pluies annuelles de la station météorologique de Bandundu ville de 1961 à 2004. L'accent est mis à l'échelle de cette station météorologique, car elle est considérée comme celle de base et de référence pour le bassin du Kasai et possède une série de données hydrométriques qui se tendent sur une longue période d'observation. Pour mener à bien cette étude, nous avons utilisé les logiciels « Hyfran plus, Excel et Arc gis », pour les analyses automatiques de la série des données mise à notre disposition et certaines cartographies de notre région d'étude.

Mots clés : variabilité, pluies annuelles, station météorologique, données hydrométriques.

### **Abstract**

This phenomenon is quite marked in dejection. This study synthesizes new knowledge acquired on variability, based on the analysis of the series of annual rainfall data from the Bandundu meteorological station from 1961 to 2004. The focus is on the scale of this meteorological station, as it is considered the baseline and reference for the Kasai basin and has a hydrometric data series that spans a long observation period. To successfully conduct this study, we used the software "Hyfran plus, Excel, and ArcGIS" for the automatic analysis of the data series available to us and certain cartographies of our study area.

**Keywords:** variability, annual rainfall, weather station, hydrometric data.

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.17106458>

## I.Introduction

Plusieurs études démontrent que l'épisode de sécheresse qui a touché l'Afrique de l'Ouest dans sa globalité depuis le début des années 1970 et jusqu'au milieu des années 1990, révélais une marque de la variabilité du climat de l'Afrique de l'Ouest. Etant donnés les impacts importants de cette variabilité sur les ressources en eau et l'agriculture, il est fondamental de mieux comprendre les mécanismes physiques de celle-ci de manière à améliorer la prévision. Ceci est rendu difficile par la complexité des interactions entre l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère qui semblent contrôler le cycle de vie des systèmes pluviométriques.

Et par ailleurs, les recherches révèlent que pour comprendre ces mécanismes, plusieurs de ces études se sont concentrées sur l'analyse la variabilité climatique régionale. Mais très peu d'entre-elles, surtout récentes sont disponibles sur la variabilité à l'échelle d'une station. Motivé par l'ensemble de cette problématique, ce travail se propose d'exploiter de données pluviométriques à l'échelle cette station afin de comprendre la variabilité des pluies dans ce poste d'observation et de mettre en relief, les questions à considérer lorsqu'on s'intéresse d'une étude d'analyse de la variabilité pluviométrique.

## II.Géographie et Climat

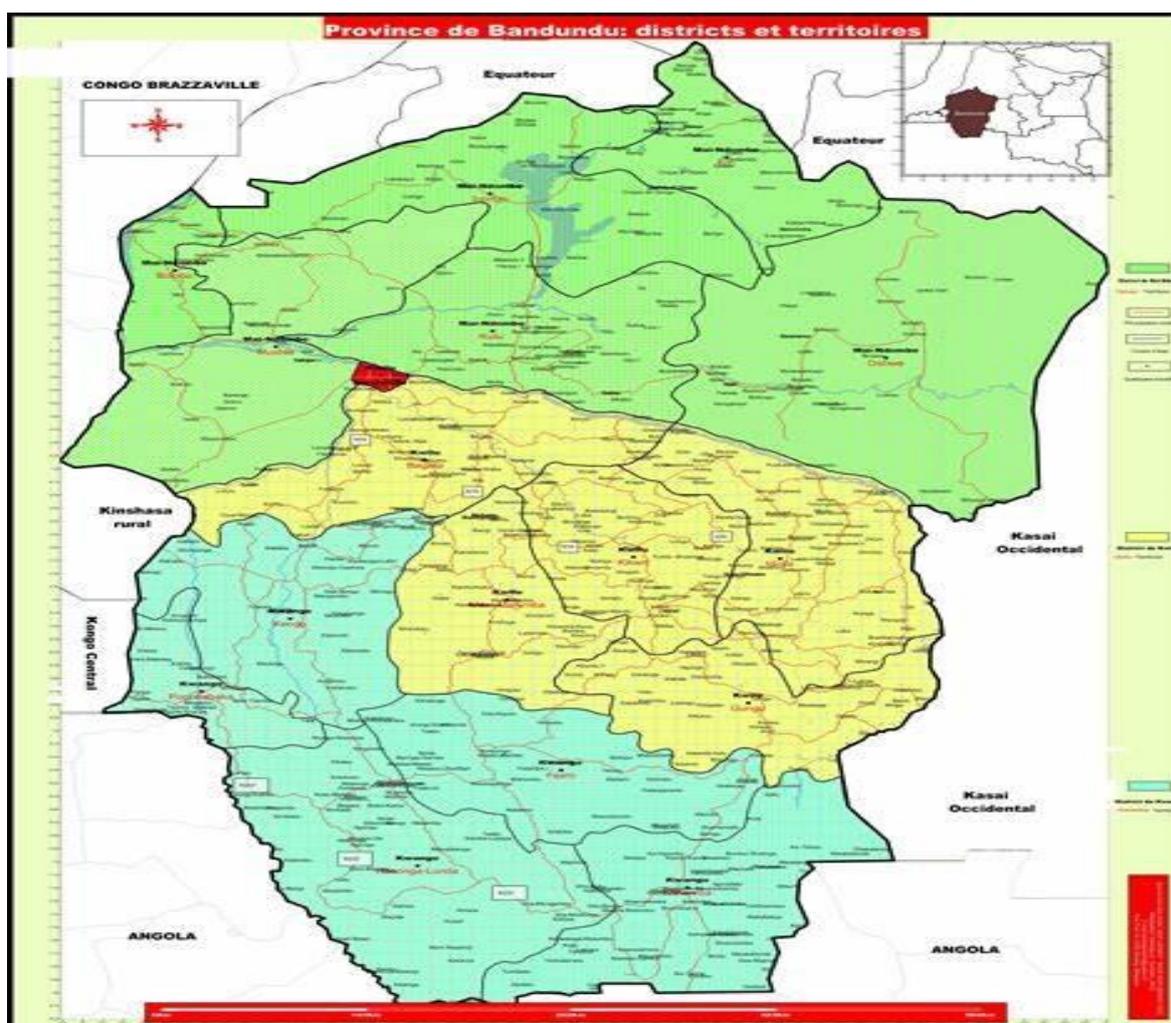


Fig.1 : Carte Administrative de la province du Bandundu

La Province du Bandundu est située entièrement dans la partie Sud-ouest du Pays. Elle s'étend donc entre le 1er et le 8ème degré de latitude Sud et du 16ème au 21ème degré de longitude Est. Cet espace couvre 295.658 km<sup>2</sup> de superficie soit 12,6% du territoire national et se constituant ainsi la 4ème Province de la République par ordre relatif de grandeur.

Elle possède deux types de sols. D'une part, les sols argileux avec beaucoup des marécages difficilement praticables pendant la saison pluvieuse qui sont plus propices aux cultures vivrières et pérennes. Les sols très sablonneux difficilement praticables pendant la saison sèche qui conviennent mieux à l'élevage.

La nature a doté la Province du Bandundu d'un réseau hydrographique très dense et varié ; Ruisseaux, rivières, lacs et fleuve s'y retrouvent. La principale caractéristique de ce réseau montre que les eaux coulent du Sud au Nord et se déversent vers l'Ouest constituant ainsi les principaux affluents du fleuve Congo.

La Province du Bandundu connaît deux types de zone climatique. La différenciation climatique ainsi observée dans la Province est établie en fonction de la quantité de la répartition des précipitations atmosphériques, à savoir :

- La zone équatoriale occupe le Nord-est de la Province, dont le District du Mai-Ndombe et le Nord du District des Plateaux. Elle est caractérisée par l'absence d'une saison sèche régulière. Cette zone appartient au type climatique "AF" relevé dans la classification de KÖPPEN dont la hauteur mensuelle des pluies du mois le plus sec est supérieur à 60mm.
- La zone tropicale couvre le reste de la province et connaît deux saisons bien marquées à savoir :
  - la saison des pluies (ou saison chaude) qui s'étend de septembre en avril (8 mois) et caractérisée par des fortes chutes de pluies ;
  - la saison sèche est caractérisée par une période plus ou moins longue de sécheresse et par des nuits relativement fraîches. La durée de cette saison augmente au fur et à mesure que l'on s'écarte de la zone équatoriale. D'une manière générale, la saison sèche s'étend du mois de juin à la première quinzaine du mois d'Août ( $\pm 3$  mois). La saison sèche ne dure que deux mois à Bandundu Ville, de juin à juillet. Kikwit jouit d'un climat subéquatorial avec trois mois de saison sèche.

Les températures moyennes annuelles observées s'élève à 25°C pour l'ensemble de la province. Elles sont de 30°C dans la zone de climat équatorial et elles varient entre 20°C et 25°C dans la zone de climat tropical. Dans la ville de Bandundu, la moyenne des températures maxima journalières atteint 32°C en avril et mai, la moyenne des températures minima journalières observée est de 19°C au mois de juillet. L'humidité relative proche de la



## Approche Descriptive

Dans cette approche, il s'agit de représenter visuellement la série de données à notre disposition, afin de mettre en avant son comportement ; Pour une simple visualisation du graphique des valeurs chronologiques. Et, grâce au logiciel Hyfran Plus, nous avons obtenu automatiquement les résultats.

## Des années humides et sèches

La variabilité interannuelle du régime pluviométrique peut être analysée à partir de la distribution des années humides et des années sèches. Les indices pluviométriques (ou hydrométriques) permettent de déterminer des années humides et sèches des séries chronologiques.

On procède d'abord au filtrage des données pour éliminer les variations saisonnières en utilisant le filtre non récursif passe-bas de Hanning d'ordre 2 appelé aussi moyennes mobiles pondérées.

Le calcul de ce filtre est effectué au moyen des équations qui permettent d'estimer chaque terme de la série de la manière suivante :

$$X_{(t)} = 0,06 x_{(t-2)} + 0,25 x_{(t-1)} + 0,38 x_{(t)} + 0,25 x_{(t+1)} + 0,06 x_{(t+2)}$$

Pour  $3 \leq t \leq (n-2)$  ; Où :

$X_t$  = total pluviométrique pondéré centré sur le temps ;

$X_{t-2}$  et  $x_{t-1}$  = totaux pluviométriques observés aux temps  $t+1$  et  $t+2$  suivant le temps  $t$  (de deux termes qui suivent immédiatement le terme  $t$ ). Et tous les coefficients ou paramètres d'ajustements sont trouvés par les méthodes statistiques de régression.

Pour une série de  $t = 1$  à  $n$ , les totaux pluviométriques pondérés des deux premiers ( $-X_1, -X_2$ ) et les deux derniers ( $X_{n-1}, X_n$ ) temps de la série sont calculés au moyen des expressions suivantes :

$$X_1 = 0,54 X_1 + 0,46 X_2 ;$$

$$X_2 = 0,25 X_1 + 0,5 X_2 + 0,25 X_3 ;$$

$$X_{n-1} = 0,25 X_{(n-2)} + 0,50 X_{(n-1)} + 0,25 X_n ;$$

$$X_{(n)} = 0,54 X_n + 0,46 X_{n-1}.$$

La méthode de filtre non récursif passe-bas de Hanning d'ordre 2 paraît plus efficace par sa capacité à découper de façon perceptible les séries qui lui sont soumises. A cet effet, elle vient palier à l'insuffisance des indices pluviométriques en groupant les années par tendance.

Les indices pluviométriques permettent de dégager les grandes tendances dans les séries chronologiques, mais les définitions d'une année humide (excédentaire) et d'une année sèche (déficitaire) sont très diverses. En effet, on peut définir une année humide ou sèche, soit par rapport aux quantiles, soit par rapport aux écarts types ou, en pourcentage, par rapport à la médiane ou encore à la moyenne.

Ensuite, on procède au calcul de l'indice pluviométrique. Dans la présente étude, une année humide (excédentaire) ou une année sèche (déficitaire) est définie par l'indice pluviométrique de Nicholson. Cet indice pluviométrique est la variable centrée réduite c'est à dire le rapport entre la différence des hauteurs de précipitation et leur moyenne interannuelle à la station  $i$  et l'écart type. Pour mieux visualiser les périodes déficitaire et excédentaire pluviométrique à l'échelle interannuelle, les hauteurs des pluies annuelles ainsi pondérées ont été centrées et réduites à partir de la formule de l'indice pluviométrique de Nicholson que voici:

$$Y'_{(t)} = (X_{(t)} - m) / s$$

Où :

$X_{(t)}$  : les valeurs de la série des moyennes mobiles pondérées ;

$m$  : la moyenne de la série des moyennes mobiles pondérées ;

$s$  : l'écart type de la série des moyennes mobiles pondérées.

### **De l'ampleur de l'humidité et la sécheresse**

Des gammes standards des valeurs des indices SPI (Standards Pluviométriques Indices), permettent d'apprécier l'ampleur de la sécheresse(ou de l'humidité) pour chacune des années de la série chronologique.

A l'issue de cette opération, il est possible que le nombre d'années par gamme SPI et la signification, correspondent en terme d'ampleur du phénomène climatique à partir de l'équation suivante :

$$A_i = \left(\frac{n_i}{N}\right).100$$

Où :

- $A_i$  est le pourcentage des années concernées par classe  $i$  ;
- $n_i$  est le nombre de classe  $i$  ;

- N est le nombre total d'années sur la période d'étude.

**Tableau.1 : Ampleur de la sécheresse et de l'humidité**

N° classe	Classe SPI	Interprétation
1	SPI > 2	Humidité Extrême
2	1 < SPI < 2	Humidité Forte
3	0 < SPI < 1	Humidité Modérée
4	-1 < SPI < 0	Sécheresse Modérée
5	-2 < SPI < -1	Sécheresse Forte
6	SPI < -2	Sécheresse Extrême

### De l'analyse de tendances

Cette approche est l'analyse préliminaire des évolutions de hauteurs des précipitations annuelles d'eaux à long terme. Mais aussi ; nous avons effectué l'analyse de la pluviosité pour déterminer les tendances pendant les grandes périodes.

La pluviosité d'une année est la hauteur d'eau de l'année pour une station donnée rapporté à la moyenne interannuelle de la station étudiée. Elle permet de déterminer les périodes de basses eaux et des eaux.

En clair, la pluviosité(K) d'une année est le rapport de la hauteur d'eau annuelle d'une station avec sa hauteur moyenne interannuel.

$$K = H_i / H_{moy}$$

Avec :  $H_i$ , Hauteur de pluie annuelle ;

$H_{moy}$ , Hauteur moyenne interannuelle.

- Pour  $K > 1$  ;  $K - 1 > 0$  : la période est dite de hautes eaux ;
- Pour  $K < 1$  ;  $K - 1 < 0$  : la période est dite de basses eaux.

Le cumul des indices d'années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstractions des faibles fluctuations d'une année à l'autre. Lorsque la somme des indices croit, il s'agit d'une tendance humide. La tendance est de type « sèche », dans le cas où cette somme décroît.

## IV. Résultats et discussion

### Approche Descriptive

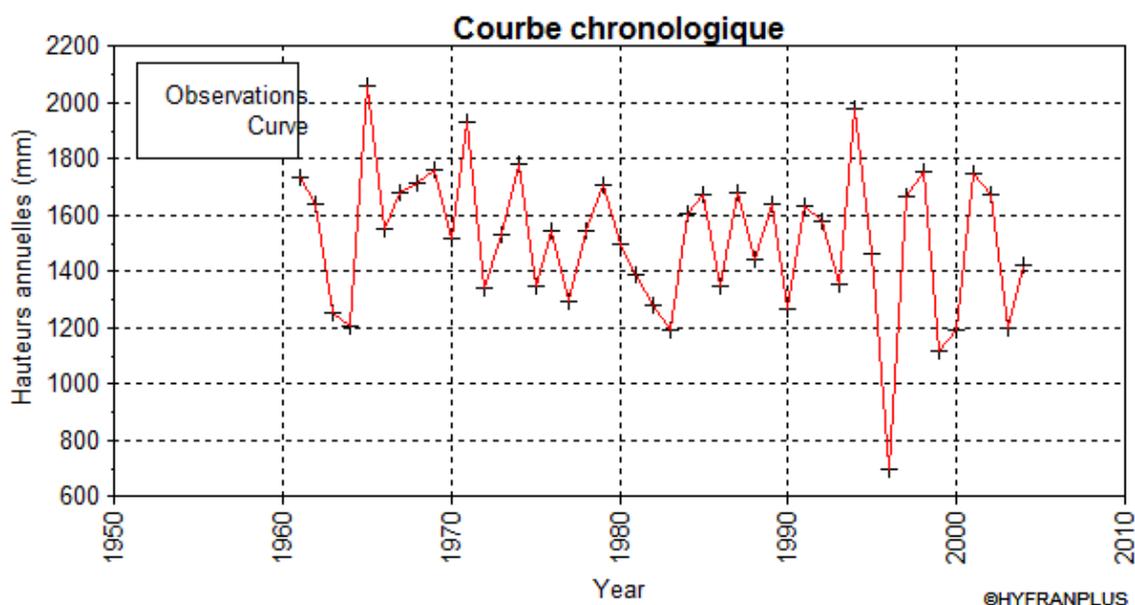


Fig.3 : Courbe chronologique de la série.

Il ressort de cette courbe des pluies qu'au cours de la première décennie de ces années hydrologiques (1961–1962 à 1970-1971), les hauteurs de pluies annuelles ont fluctué entre 1700mm et 1200mm avec un pic de plus de 2100mm en 1965-1966 ; avant de chuter à 1500mm en 1970-1971. Cette décennie a été marquée tout simplement par une tendance à la baisse des pluies. Néanmoins, les pluies ont fluctué davantage au-dessus de la moyenne annuelle (1300mm).

La deuxième décennie (1971-1972 à 1980-1981).cette décennie a été marquée par une distribution sensiblement aléatoire de la pluviométrie au tour de la moyenne.

La troisième décennie (1981-1982 à 1990-1991) quant à elle pourrait être subdivisée en deux parties dont la première débute en 1981-1982 et se termine en 1983-1984. La lame d'eau avait baissé sensiblement avec une pluviométrie la plus basse en 1983-1984 (1200mm). La deuxième partie (1983-1984 à 1988-1989) a été marquée par une distribution sensiblement aléatoire de la pluviométrie. Cette deuxième décennie a été aussi marquée par un rééquilibre net de la pluviométrie grâce à l'augmentation des pluies à la seconde partie de la décennie par rapport à la moyenne annuelle.

La quatrième décennie (1991-1992 à 2000-2001) de cette série a connu une situation tout à fait particulière par rapport aux autres décennies. Les hauteurs des pluies ont fluctué entre 1610mm et 1390mm, avec notamment un pic de 1990 mm vers la fin de la décennie en 1994-1995 et un point le plus bas de 700mm en 1996-1997. Cette décennie a été marquée par une faible tendance à la hausse, c'est – à –dire la situation est restée au moins équilibrée dans cette tranche avec peu de hauteurs des pluies en deçà de la moyenne annuelle.

### Des années humides et sèches

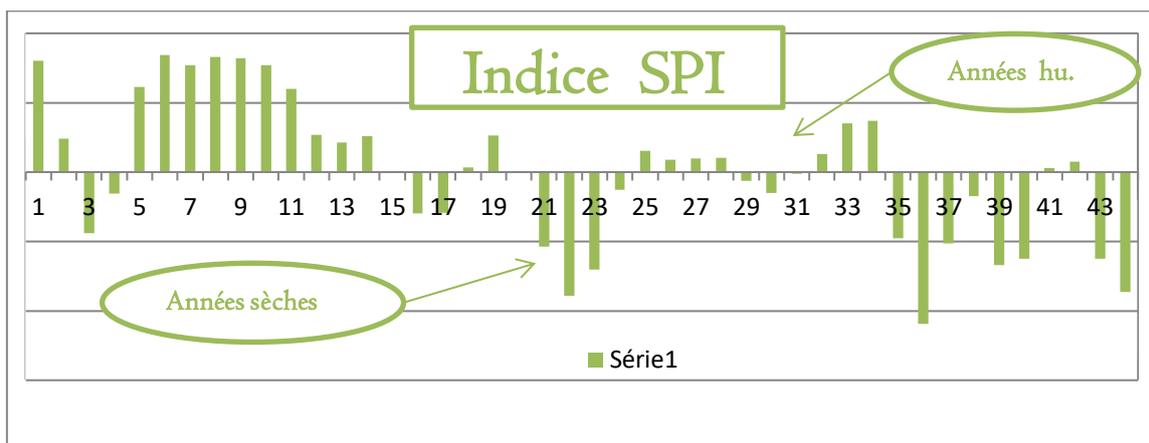


Fig.4 : Indice S.P.I (Standard Pluviométrique Indice).

Selon le graphique, les années humides se trouvent au-dessus de l'axe horizontal marquant l'indice zéro, et les années sèches en dessous de ce dernier. En voici le tableau illustratif.

Tableau.2 : Année humides et sèches

N°	Désignations	Nombres	Pourcentages
01	Années humides	23	52,27%
02	Années sèches	21	47,73%

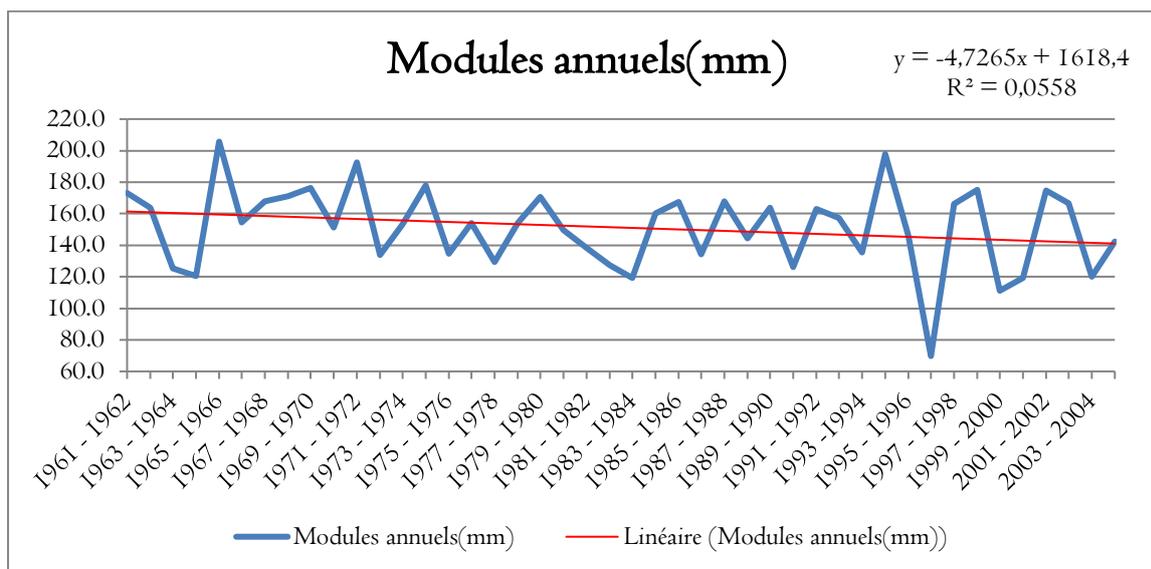
### De l'ampleur de l'humidité et la sécheresse

**Tableau.3 : Ampleur de l’humidité ou de la sécheresse.**

Nombre de classe	Classe SPI	Interprétation	Nombre d’année	% d’année
01	SPI>2	Humidité extrême	0	0
02	1<SPI<2	Humidité forte	8	18,18
03	0< SPI<1	Humidité modérée	16	36,36
04	-1< SPI<0	Sècheresse modérée	10	22,73
06	-2< SPI<-1	Sècheresse forte	10	22,73
07	SPI<-2	Sècheresse extrême	0	0

La variabilité hydro climatique s’est matérialisée par une alternance d’année humides et sèches au regard de l’évolution des indices SPI. Sur la base de ces indices exprimés par les données pluviométriques pour la période 1961 – 2004, 36,36% des années d’observations ont subi une humidité modérée et seulement 18,18% correspond à un régime à humidité forte. A l’opposé, sur la même période, 22,73% d’années se déroulent sous un régime à sécheresse forte et le 22,73% autre subissent une sécheresse modérée. Ainsi, le phénomène climatique dominant est l’humidité modérée, car il possède le pourcentage le plus élevé (36,36%) parmi tous les autres.

**De l’analyse de tendances**



*Fig.4 : Tendance à long terme.*

Pour établir la tendance d'évolution des hauteurs de pluies de la station météorologique du Bandundu ville, nous avons simplement réalisé dans un premier temps, une régression linéaire des années hydrologiques de la période allant de 1961 à 2004.

Les variations des hauteurs des pluies annuelles présentent en moyenne une tendance à la baisse, illustrée par la figure 4, de la forme :

$$H(t) = -4,726 x + 1618,4$$

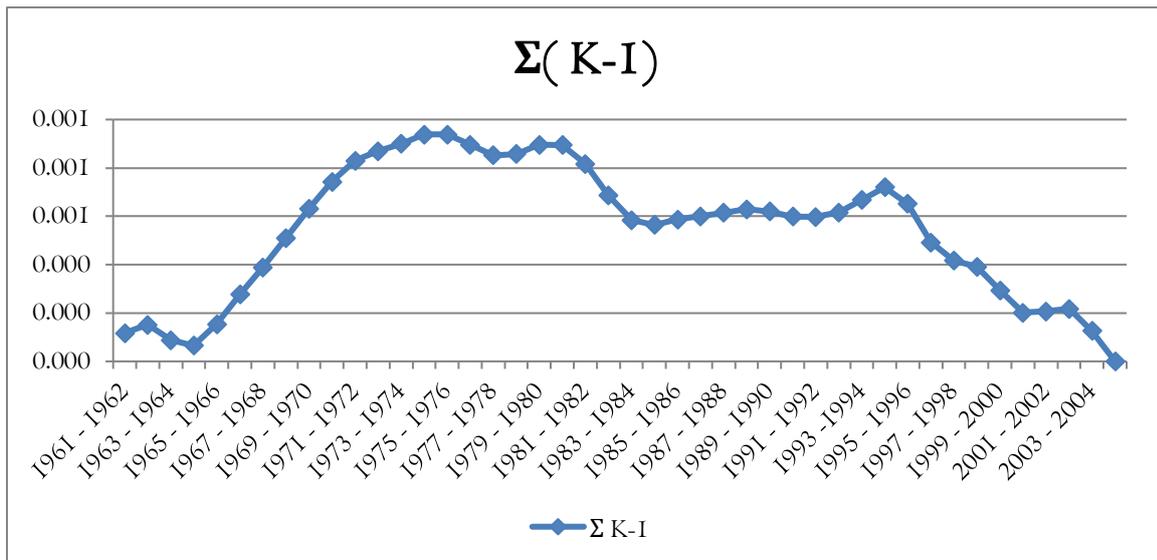


Fig.5 : Evolution de K-I avec K (pluviosité).

Le calcul nous a donné la figure 5, dont la lecture nous fait apparaître trois(3) grandes périodes de tendance ci-après :

- 1961-1962 à 1964-1965, tendance à la baisse ;
- 1965-1966 à 1975-1976, tendance à la hausse ;
- 1976-1977 à 2004-2005, tendance à la baisse.

## V.Conclusion

Le grand défi des années à venir est celui d'anticiper des situations de crise agricole ou de ressources en eau. Pour cela, des observations sur l'ensemble des variables jouant un rôle dans la mise en place et le maintien du climat sont indispensables. Dans cette conclusion, nous allons passer en revue les quelques résultats importants de ce travail et discuter de leurs implications.

Dans cette étude, nous avons effectué en premier lieu, une analyse descriptive de l'évolution chronologique des pluies annuelles, qui révèle qu' au cours de la première décennie de ces années hydrologiques (1961 – 1962 à 1970 - 1971), les hauteurs de pluies annuelles ont fluctué entre 1700mm et 1200mm avec un pic de plus de 2100mm en 1965-1966 ; avant de chuter à 1500mm en 1970-1971. La deuxième décennie (1971-1972 à 1980-1981) et la troisième décennie (1981-1982 à 1990-1991), ont été marquées par une distribution sensiblement aléatoire de la pluviométrie au tour de la moyenne et un rééquilibre net de cette dernière grâce à l'augmentation des pluies à la seconde partie de la décennie par rapport à la moyenne annuelle. La quatrième décennie (1991-1992 à 2000-2001) de cette série a connu une situation tout à fait particulière par rapport aux autres décennies. Les hauteurs des pluies ont fluctué entre 1610mm et 1390mm, avec notamment un pic de 1990 mm vers la fin de la décennie en 1994-1995 et un point le plus bas de 700mm en 1996-1997.

Par ailleurs, l'évolution des indices pluviométriques sur la période 1961-2004, démontre que les phénomènes climatiques les plus dominants sont l'humidité modérée (36,36%), suivi d'un régime à sécheresse forte (22,73%). L'analyse des tendances subdivise notre période d'étude en trois périodes de tendances, dominées par un régime de tendance à la baisse.

### Références

- Dao, A.** : Variabilité climatique et réponse hydrologique du Bassin Versant transfrontalier de Kolondieba au sud du Mali ; © EuroJournals Publishing, Inc. 2010.
- Lawin .A.E** : Analyse de la Variabilité du Régime Pluviométrique dans la Région Agricole d'Ina au Bénin ; © EuroJournals Publishing, Inc. 2011.
- Ministère du plan** : Monographie de la province du Bandundu, Avril 2005.
- Musy, A.** : Hydrologie fréquentielle, Bucarest, Ed HGA ,1999.
- Nguyen V.T** : Hydraulique routière, Paris, Ed B.C.E.O.M, 1981.
- 0MM(1994)** : Guide des pratiques hydrologiques.
- Roche, M.** : Hydrologie de surface, Paris, Gautier- Villars Editeur, 1963.