

UNIVERSITE DE KISANGANI



FACULTE DE GESTION DES RESSOURCES
NATURELLES RENOUVELABLES

Département de Gestion des Ressources Naturelles

Option: Eaux et Forêts

B.P.2012

KISANGANI

MODELISATION SPATIALE DES ETANGS D'EAUX DANS LES COMMUNES DE KISANGANI ET DE KABONDO DANS LA VILLE DE KISANGANI



Annie EUNGI ELUO

Mémoire

Présenté et défendu en vue de l'obtention de grade
d'Ingénieur Forestier.

Option: Eaux et Forêts.

Directeur: Prof. Dr. Albert KABASELE
YENGAYENGA

Encadreur: C.T. Ir. Jean Fiston MIKWA

Année académique 2013-2014

EPIGRAPHIE

« On ne doit pas regarder comme heureuse et prospère une société dont les membres les plus nombreux sont réduits à la pauvreté et à la misère »

Adam Smith, XVIII^e Siècle

DEDICACE

A notre Feu papa Emmanuel ELUO EKOFO, qui nous a quittés sans profiter des fruits de son éducation. Que son âme repose en paix et à vous notre chère maman Marguerite MATOLU pour votre particulière attention à notre égard.

A notre frère Jeudi BOSENGA W'ELUO pour les sacrifices consentis.

*Nous dédions ce travail, fruit de leurs pensées pieuses
et de leurs encouragements.*

Ir Annie EUNGI ELUO

REMERCIEMENTS

La rédaction de ce travail de fin d'étude est un excellent privilège de notre part à rendre un vibrant hommage au seigneur Dieu Tout – puissant qui, de sa parfaite et agréable volonté ; a permis que nous soyons aujourd'hui en mesure de poursuivre nos études universitaire jusqu'à la fin malgré le corolaire de la vie socio – économique du moment.

Nos sincères sentiments s'adressent à tout le personnel académique et scientifique de l'université de Kisangani, plus particulièrement ceux de la faculté de Gestion de Ressources Naturelles Renouvelables, qui ont assuré à notre faveur une formation de qualité durant ce parcours.

De façon plus particulière, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au Professeur Albert KABASELE YENGAYENGA qui a accepté de diriger ce travail avec rigueur méthodologique, qu'il trouve ici l'expression de notre sentiment déférent.

Le même son de cloche s'adresse en suite au chef de travaux Jean-fiston MIKWA qui, en dépit de ces multiples occupations, a bien voulu assurer l'encadrement de ce travail.

Nos sentiments de gratitude s'adressent également à la famille René KWAZIME pour leur multiple conseils et encouragement plus enthousiaste qui ont constitué un apport moral à notre égard.

Aussi, nous témoignons avec la même ferveur, notre gratitude à notre bien aimé Christian MUKENGE, ainsi qu'à notre chère sœur Romanie LITANGA pour leurs multiples soutiens tant matériel que financier, leurs multiples conseils et leurs affections à notre égard.

Notre gratitude s'adresse également du fond du cœur aux serviteurs de Dieu et frères et sœurs de l'assemblée des saints de Kisangani, ainsi qu'à Maman MADDO et Maman Yvonne pour nous avoir soutenue dans leurs prières.

Nos sentiments vont tout droit à la famille ELUO en générale et à tous nos oncles paternels et maternels : Joseph ELUO, Marie Jeanne ELIA, Marie ELUO, Albert

BOENA, Sylvain ENGELI, MABOSO ELUO, Jean – Claude ELUO, Olivier ELUO, Abbé Dieu – Donné ELUO, Pasteur Joël ELUO, Eddy ELUO, Alain ELUO, Verra ELUO, MOSEKA ELUO, Dorcas ELUO, Micheline ELUO, GABRIEL ELUO et couple Martin MONGONDA.

Nos sincères sentiments s'adressent aussi à nos chers enfants : Patric ELUO, Bruno LISASI, Gisel KWAZIME, Laure KWAZIME, Falonne KWAZIME, Albert, Milka, Déborah ainsi que Julien ELUO.

Nous ne pouvons clore cette page sans pour autant remercier d'une manière particulière tous nos compagnons de lutte, amis et camarades avec qui nous avons passé le moment difficile de la vie estudiantine. Nous pensons à Divine BOIKA, Rachel NZALE, Achille MOZONGO, François CIRINGWI, Nutriche LUKONGO, Elysée MUNZUNGU, Princesse SHAKO, Yvette TSHETE, Myriam MUNGURYEK, Junior AMBOKO, Bernard SIOVEKE, Vicky NANYONZI, Olivier BAELONGANDI, Yve ZALO, Paulin ONOYA, Jeannot KAMBALE, Passy MASIMANGO, Fiston MABISI, Jackson MAHUKA, Innocent KITENGE, Dieu MBOMBO, BASE KOWE, Théthé KILOLA, Jocy KILOLA, Claude ELUKESU, Sylvain NGABO, SADDAM ASSANI, Vava NGBADO ainsi qu'à Yvonne ITOMALI.

Nous témoignons aussi, du fond de notre cœur, nos sentiments de gratitude particulièrement aux Ingénieurs Junior MAZANGO, César TULA, ainsi qu'à Trésor MONAMA pour leur hospitalité à notre égard.

Enfin, à toutes les braves âmes anonymes, hommes et femmes combien magnanimes, qui sur notre route de pèlerin au fil des années ont guidé le destin, c'est le moment plus que solennel pour des multiples et divers sacrifices consentis en silence pour notre bonheur et dire merci du fond de notre cœur.

Ir Annie

RESUME

Le calcul des espaces qu'occupent les étangs d'eau, le volume d'eau se trouvant dans ces étangs, l'identification des zones marécageuses et permanemment inondable ainsi que celle des mois à pluviosité extrême furent les préoccupations majeures de notre étude.

Cette étude de modélisation spatiale des étangs d'eaux a été effectuée dans les communes Kabondo et Kisangani au sein de la ville de Kisangani.

La méthodologie utilisée est résumée en 6 grandes étapes en l'occurrence la récolte des données sur terrain, l'acquisition des images ; traitement des données pluviométriques ; traitement par des logiciels et le traitement des données.

Les résultats de cette étude ont montré que les espaces qu'occupent les étangs d'eaux identifiés dans la commune de Kabondo ont fait une superficie de 41km² sur 368km² de superficie totale de la commune soit environ 11% de la commune ; sur la commune Kisangani nous avons identifiés les étangs d'eau occupant une superficie de 120km² sur 636km² donc environ 19% de la commune. Pour le volume d'eaux contenant ces étangs nous avons trouvés dans les étangs de la commune Kabondo que les étangs du quartier Tshuapa contiennent plus d'eaux (46.155.495,1 litres d'eaux/an) et les étangs du quartier Kibibi sont les moins contenus d'eaux(1246931,2litres d'eaux/an),de l'autre coté dans la commune Kisangani sur les six agglomérations des étangs ce sont les étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues qui contiennent plus d'eaux(73.050.222,88 litres d'eaux/an) et les étangs d'eaux sur l'avenue Walikale qui contiennent moins d'eaux parmi les six(9.666.732,894 litres d'eaux/an),le calcul de la prévision numérique mensuelle pour prédire la quantité de pluie qui tombera le même mois l'année prochaine en connaissant celle tombée ce mois là l'année précédente a été fait à partir des équations numériques mensuelles combinés avec les résultats de la télédétection et ceux des données pluviométriques pour voir la relation qui existe entre eux.

Quant à ce qui concerne les courbes de niveau nous avons trouvés que tous nos étangs d'eaux se trouvaient en dessous de 400m d'altitude, pou cela il faut éviter d'acheter tout terrain qui se trouve en dessous de 400m d'altitude car c'est un terrain potentiellement marécageux, difficile à construire mais plutôt les laisser pour l'agriculture au sens large.

Parmi les quatre saisons de la ville de Kisangani identifiée, nous remarquons que ce la 4^{ème} saison qui est la plus pluvieuse regroupe les mois suivants :

Avril, Mai, Septembre, Octobre, Novembre.

Mots clés : Modélisation spatiale, étangs d'eaux, équation numérique, télédétection, courbes de niveau.

SUMMARY

The calculation of the spaces that the ponds of water occupy, the volume of water being in these ponds, the identification of the swampy zones and permanent inondable as well as the one of the months to extreme rainfall was the major preoccupations of our survey.

This survey of spatial modeling of the ponds of waters has been done in the common Kabondos and Kisanganis within the city of Kisangani.

The used methodology was summarized in this case in 6 big stages the harvests of the data on land, the acquirement of the pictures; treatment of the data pluviometric; treatment of the software; treatment of the data and the results waited.

The results of this survey showed that the spaces that the ponds of waters identified in the township of Kabondo occupy made a surface of 41km^2 on 368km^2 total surface of the township is about 11% of the township; on the common Kisangani we had identified the ponds of water occupying a surface of 120km^2 therefore on 636km^2 about 19% of the commune. Pour the volume of waters containing these ponds us found in the ponds of the common Kabondo that the ponds of the district tshuapa contain more waters ($46.155.495,1$ liters of eaux/an) and the ponds of the Kibibi district are the less contained eaux ($1246931,2$ liters' of water/an), de the other quoted in the common Kisangani on the six agglomerations of the ponds these are the ponds of waters on 10th and 11st avenues' that contains more water ($73.050.222,88$ liters of water/an) and the ponds of waters on the avenue walikale that contains less waters among the six ($9.666.732,894$ liters of eaux/an), le calculation of the monthly numeric forecasting to predict the quantity of rain that will fall next year the same month as knowing the one fallen that month the previous year has been made from the equations numeric monthly compounds with the results of the remote detection and those of the data pluviometriques to see the relation that exists between them.

When to what concerns the curves of level us found that all our ponds of waters were below 400m altitude, louse it is necessary to avoid to buy all land that is below 400m altitude because it is a swampy land, difficult to construct but rather to let them widely speaking for agriculture.

Among the four seasons of the city of Kisangani identified, we notice that this 4th season that is the rainiest that regroups the following months:

April May, September, October, November.

Key words: Spatial modeling, ponds of waters, numeric equation, remote detection, curves of level.

LISTES DES FIGURES

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figure 1 | : Exemple de schéma MADS..... | 11 |
| Figure2 | : Composition du spectre électromagnétique..... | 13 |
| Figure 3. | : Entités administratives de la ville de Kisangani sur Fond Landsat 2008. Carte..... | 20 |
| Figure.4 | : Les étangs d'eaux répertoriés dans la Commune Kabondo..... | 36 |
| Figure.5 | : Les étangs d'eaux du quartier tshuapa de la Commune Kabondo..... | 37 |
| Figure 6 | :Les étangs d'eaux se trouvant dans la Quartier Kibibi Commune Kabondo.. | 37 |
| Figure 7 | :Etangs d'eaux alimentés par la rivière Mukoko commune Kabondo..... | 37 |
| Figure 8 | :Commune Kisangani et ses étangs d'eaux..... | 39 |
| Figure 9 | :Les étangs d'eaux sur la 13è avenu/Quartier mosibasiba commune Kisangani..... | 40 |
| Figure 10 | :Les étangs d'eaux sur 10è et 11è avenus commune Kisangani..... | 40 |
| Figure 11 | : Les étangs d'eaux sur le quartier kongakonga Commune Kisangani..... | 41 |
| Figure 12 | :Les étangs d'eaux du quartier kongakongaII commune Kisangani..... | 41 |
| Figure 13 | :Les étangs d'eaux de l'avenu walikale commune kisangani..... | 42 |
| Figure 14 | :Les étangs d'eaux sur l'avenu walikaleII commune Kisangani..... | 42 |
| Figure 15 | :La courbe de niveaux des étangs d'eaux alimentés par la rivière mukoko Commune Kabondo..... | 43 |
| Figure 16 | :La courbe de niveaux des étangs d'eaux sur 13 ^{ème} avenu quartier mosibasiba Commune Kisangani..... | 43 |
| Figure17 | : La courbe de niveaux des étangs d'eaux du quartier Tshuapa Commune Kabondo..... | 43 |
| Figure 18 | :Distance Euclidienne des précipitations de Kisangani/EUNGI ir2 UNIKIS 2014 | 45 |
| Figure 19 | :Component plot source EUNGI,2014..... | 46 |
| Figure 20 | :Kisangani Precipitations Mensuelles des mois de Janvier et Decembre. Source Eungi Ir2 UNIKIS 2014..... | 47 |
| Figure 21 | :Nuage de point de corrélation entre Janvier et Decembre,modele cubique ... | 48 |
| Figure22 | : Illustre les précipitations mensuelles en superposition des mois de Février Mai | 50 |
| Figure 23 | : Nuage des points de corrélation entre Février et Mai..... | 51 |
| Figure 24 | : Illustre la précipitation mensuelle des mois de Février, Mars et Mai..... | 52 |
| Figure 25. | : Illustre le nuage des points de corrélation entre Février et Mars..... | 53 |
| Figure 26 | : Illustre le nuage des points de corrélation entre les mois de Mai et de Mars, modèle cubique..... | 54 |
| Figure 27 | : Illustre la précipitation mensuelle des mois d'Avril, Mai et juillet..... | 56 |
| Figure 28 | : Illustre le nuage des points de corrélation entre Juin et Aout, modèle cubique..... | 59 |
| Figure 29 | : Illustre la précipitation mensuelle des mois de Mars, Avril et Novembre.... | 60 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figure 30. | : Précipitation mensuelle entre les mois d'Aout et de Septembre..... | 62 |
| Figure 31 | : Précipitation mensuelle des mois d'Aout et de Novembre..... | 63 |
| Figure 32 | : Illustre le nuage des points de corrélation entre Novembre et Octobre..... | 65 |
| Figure 33 | : Précipitation mensuelle des mois de Juillet et de Septembre..... | 66 |
| Figure 34 | : Graphique de relation entre les volumes d'eaux et la quantité des pluies tombées sur les étangs d'eaux du quartier tshuapa commune Kabondo. Modèle cubique..... | 69 |
| Figure 35 | : Graphique de relation entre le volume d'eaux et la quantité de pluies tombées sur les Etangs d'eaux du quartier Kibibi commune Kabondo..... | 71 |
| Figure 36 | : Graphique de relation entre les volumes d'eaux et la quantité des pluies tombées su les étangs d'eaux alimentés par la rivière Mukoko..... | 73 |
| Figure 37 | : Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eau de pluie tombée (données pluviométriques et le volume d'eau se trouvant dans les étangs d'eaux sur 13 ^{ème} avenue/quartier mosibasiba commune Kisangani (télé-détection)..... | 75 |
| Figure 38 | : Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eaux de pluie tombée (données pluviométriques et le volume d'eaux se trouvant dans les étangs d'eaux sur 10 ^{ème} et 11 ^{ème} avenues, commune Kisangani (télé-détection)..... | 78 |
| Figure 39 | : Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eau de pluie tombée (données pluviométriques et le volume d'eau se trouvant dans les étangs du quartier Kongakonga, commune Kisangani (télé-détection)..... | 80 |
| Figure 40 | : Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eau de pluie tombée (données pluviométriques et le volume d'eau se trouvant dans les étangs du quartier Kongakonga II (télé-détection)..... | 82 |
| Figure 41 | : Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eau de pluie tombée (données pluviométriques et le volume d'eau se trouvant dans les étangs d'eaux de l'avenue walikale (télé-détection)..... | 86 |
| Figure 42 | : Relation entre le volume d'eau et la quantité d'eau des pluies tombées sur les étangs d'eaux de l'avenue walikale II..... | 87 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Statistique descriptive des prescriptions mensuelles de ville de kisangani en 52ans..... | 44 |
| Tableau 2 : Le Modèle d'ANOVA sous SPSS 16.0 des prévisions numériques des pluies en janvier..... | 48 |
| Tableau 3 : Prévision Numériques des pluies en Décembre..... | 49 |
| Tableau 4 : Prévisions numériques des pluies en Février..... | 51 |
| Tableau 5 : Prévisions numériques des pluies en Février..... | 52 |
| Tableau 6 : Prévision numérique des pluies en Mai, modèle logarithmétique..... | 55 |
| Tableau 7 : Prévisions numériques des pluies en Mars | 57 |
| Tableau 8 : Prévisions numériques des pluies en Avril..... | 58 |
| Tableau 9 : Prévisions numériques des pluies en Juin..... | 59 |
| Tableau 10 : Prévision numériques des pluies en Juillet..... | 61 |
| Tableau 11 : Prévision numériques des pluies en Aout..... | 63 |
| Tableau 12 : Prévisions numériques des pluies en septembre..... | 64 |
| Tableau 13 : Prévisions numériques des pluies en Novembre..... | 66 |
| Tableau 14 : Prévisions numériques des pluies en Novembre..... | 67 |
| Tableau 15 : Le volume d'eaux des pluies dans les étangs du quartier Tshuapa Commune Kabondo..... | 68 |
| Tableau 16 : Equation de prévision numérique mensuelle des étangs Tshuapa. Modèle logarithmétique..... | 69 |
| Tableau 17 : Volume d'eaux des étangs du quartier Kibibi..... | 70 |
| Tableau 18 : Equation de Prévision Numérique mensuelle Etangs Kibibi..... | 71 |
| Tableau 19 : volume d'eaux des étangs alimentés par la rivière Mukoko..... | 72 |
| Tableau 20 : Equation de prévision numérique mensuelle, étangs Mukoko..... | 73 |

| | |
|--|----|
| Tableau 21 : Volume d'eaux se trouvant dans les étangs d'eaux de la 13 ^{ème} avenue commune Kisangani..... | 74 |
| Tableau 22 : Equation de prévision numérique mensuelle des étangs d'eaux de la 13 ^{ème} avenue, commune Kisangani..... | 76 |
| Tableau 23 : Volume d'eaux se trouvant dans les étangs d'eaux du 10 ^{ème} et 11 ^{ème} avenue, commune Kisangani..... | 77 |
| Tableau 24 : Equation de prévision numérique mensuelle, étangs d'eaux sur 10 ^{ème} et 11 ^{ème} avenues commune Kisangani..... | 77 |
| Tableau 25 : Volume d'eaux des étangs d'eaux sur 10 ^{ème} et 11 ^{ème} avenues, commune Kisangani..... | 79 |
| Tableau 26 : Equation de prévision numérique mensuelle des étangs d'eaux sur 10 ^{ème} et 11 ^{ème} avenues..... | 80 |
| Tableau 27 : Volume d'eaux..... | 81 |
| Tableau 28 : Equation de prévision numérique mensuelle..... | 82 |
| Tableau 29 : Volume d'eaux des étangs d'eaux sur l'avenue walikale..... | 83 |
| Tableau 30 : Equation de prévision numérique mensuelle..... | 84 |
| Tableau 31 : Volume d'eaux des étangs du walikale II..... | 85 |
| Tableau 32 : Equation de prévision numérique mensuelle..... | 86 |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|---|----|
| Photo 1 : Septembre 2009, Kisangani sous la pluie. Photo Ba Lek-Archive..... | 3 |
| Photo2. : Chute Wagenia : Kisangani..... | 23 |
| Photo 3 : Image du terrain sur les étangs d'eaux entrain de prendre les coordonnées..... | 29 |
| Photo 4 : GPS utilisé sur terrain..... | 30 |

SIGLES UTILISES

1. GPS : Global Positionning System
2. MNT : Modèle Numérique de Terrain
3. NASA : National Aeronautics and Space Administration
4. OSFAC : Observatoire Satellitale des Forêts d’Afrique Centrale
5. SRTM : Shuttle Radar Topography Mission
6. USLE : Universal Soil Loss Equation
7. MCD : modèle conceptuel des données
8. MADS : modèle ER étendu aux données spatiales
9. UNFCCC : Forum des Nations Unies pour la Lutte Contre les Changements Climatiques.
10. LIDAR : données LIDAR Scarpe DREAL.
11. SPSS : Statistical Package for the Social Sciences.
12. SDAGE : Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux).
13. QGIS : Quantum Geographical Information System.
14. NDVI : Normalized Difference Vegetation Index.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--------------------------|-----|
| EPIGRAPHE..... | i |
| DEDICACE..... | ii |
| REMERCIEMENTS | iii |
| RESUME | v |
| SUMMARY | vi |
| LISTE DES FIGURES..... | vii |
| LISTE DES TABLEAUX | ix |
| LISTE DES PHOTOS..... | x |
| SIGLES UTILISES..... | xi |
| TABLE DES MATIERES..... | xii |
| AVANT – PROPOS | xv |

1. INTRODUCTION **Erreur ! Signet non défini.**

0.1. PROBLEMATIQUE **Erreur ! Signet non défini.**

0.2. INTERET **Erreur ! Signet non défini.**

0.3. HYPOTHESES **Erreur ! Signet non défini.**

0.4. OBJECTIFS..... **Erreur ! Signet non défini.**

0.4.1. Objectif général..... **Erreur ! Signet non défini.**

0.4.2. Objectifs spécifiques..... **Erreur ! Signet non défini.**

0.5. SUBDIVISION DU TRAVAIL **Erreur ! Signet non défini.**

CHAPITRE PREMIER..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.1. GENERALITES SUR LA MODELISATION SPATIALE**Erreur ! Signet non défini.**

I.1.1. Concepts de modélisation spatiale..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.1.2. Relations topologiques..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.1.3. Agrégation..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2. BREF APERÇU SUR LES TECHNIQUES D'INFORMATION SPATIALE**Erreur ! Signet non défini.**

I.2.1.INTRODUCTION SUR LA TELEDETECTION..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.2.2. Apports de la télédétection pour la connaissance des enjeux environnementaux (Publié Le 8 juillet à 12:56, par Michel)..... **Erreur ! Signet non défini.**

AVANT-PROPOS

Les systèmes d'information géographiques sont un ensemble d'outils qui permettent de gérer, d'analyser, de stocker, d'interroger les informations en rapport avec leur localisation dans l'espace. Dans un sens plus général, les SIG sont des outils qui permettent le développement des données spatiales en information, généralement celles attachées aux décisions liées à une portion de la terre (Demers, 1997).

Point n'est besoin de démontrer aujourd'hui l'importance de l'information géographique dans les domaines divers de la vie de l'homme. Elle a trait aux renseignements sur les objets ou phénomènes (actuels ou passés) du territoire et précise leurs localisations dans l'espace (Minvielle et Souiah, 2003).

L'information peut être visualisée par une représentation plane, qui, quoique très instructive en termes d'appréciation de la réalité territoriale, gagne une autre dimension Stéréoscopique (la 3D) avec la représentation en MNT.

Ces MNT peuvent être obtenus par différentes méthodes d'interpolation, lesquelles auront une influence sur les résultats.

1. INTRODUCTION

La ville de Kisangani présente pour une large part une urbanisation incontrôlée. Elle est par ailleurs caractérisée par des précipitations d'une grande intensité. En outre, les sols sont constitués d'un épais manteau sableux d'altération. La conjonction de tous ces facteurs fait de cette ville le siège d'érosions spectaculaires et des inondations. Ainsi, le problème de la perte des sols par ravinement est extrêmement aigu (LUBUIMI, 2003).

Des multiples approches ont été développées pour évaluer et quantifier les risques dus à l'érosion du sol et des inondations des eaux, dans le cadre d'une gestion efficace des sols et des eaux. Parmi ces approches figurent des modèles empiriques de WISCHMEIER (USLE : Universal Soil Loss Equation) qui évaluent les pertes en sols sur des parcelles expérimentales, et plus récemment sa version révisée qui est basée sur le système d'information géographique. L'érosion hydrique est un processus naturel de dégradation des terres, causé par les pluies à forte intensité et les inondations, qui se traduisent par le déplacement des terres d'un point surélevé vers un autre en contre bas.

A la base de ce phénomène, l'on trouve bien souvent une urbanisation incontrôlée des collines qui déclenche un phénomène généralisé d'érosion dont les manifestations varient avec la morphologie des sites et prennent parfois l'allure de véritables catastrophes (CAILLE, 1983). Il en résulte une destruction de l'environnement, des infrastructures et ouvrages humains et la pollution des eaux au niveau des cours d'eau et des étangs d'eaux.

A titre exemplatif, MAKOKO et MANANGA (1986), dans une étude préliminaire sur l'érosion dans la ville de Kinshasa se sont servis du dispositif expérimental de WISCHMEIER pour marquer le lien entre l'intensité pluvieuse et la quantité des terres perdue.

RAKOTONDRAOMPIANA et al. (1997) dans le cadre du programme de recherche sur la modélisation de l'érosion des sols et la prédiction des risques géologiques associés, ont utilisés des données de télédétection pour effectuer des investigations sur la répartition spatiale des différentes formes d'érosion des hautes terres de Madagascar.

L'évaluation de l'érosion et de risque d'inondation font donc partie intégrante du processus de gestion intégrée des ressources en sol et en eau.

0.1. PROBLEMATIQUE

L'extension de la ville de Kisangani ne se fait pas selon les normes urbanistiques, causant ainsi des problèmes d'aménagement. L'occupation des étangs d'eau et des cours d'eau se font généralement sous la forme d'espaces nus non viabilisés, sans aucune forme d'assistance et sans infrastructures d'accompagnements nécessaires. La présence des désastres provoqués par l'occupation des sites à risque : « Inondations, ensablement, pollution, érosions et les glissements des terres » et l'insuffisance des ressources pour une meilleure gestion urbaine sont fréquentes (Wikipédia, 2006).

En effet, les étangs d'eaux, les cours d'eau ainsi que les bas fonds des communes de Kabondo et de Kisangani n'échappent pas à cette triste réalité. Par suite de la surpopulation, toutes les terres marginales sont occupées, y compris des zones à risques notamment des zones inondables et des zones sensibles à l'érosion.

L'occupation des zones d'altitude sans assistance, accroît leur sensibilité à l'érosion hydrique occasionnant l'ensablement des rivières et affectant sensiblement le débit des cours d'eau et ses affluents. Par contre, l'occupation des zones de basse altitude entraîne notamment des problèmes d'inondation et de pollutions fécales des eaux suite à la mauvaise gestion des eaux.

Ainsi, le constat ressort qu'un aménagement incontrôlé a des conséquences sur la stabilité des versants, sur le régime hydrique et sur la qualité de l'eau des cours d'eau et des ses affluents (MAKOKO et al. 1986).

La ville de Kisangani est considérée comme une proie à des fortes inondations, le gouvernement de la République démocratique du Congo a déclaré la ville de Kisangani, chef-lieu de la Province Orientale et ses environs zone sinistrée, après de graves inondations qui les avaient touchés, a déclaré samedi 3 avril 2010 un conseiller d'Adolphe Muzito, ex-Premier ministre congolais.



Photo 1 : *Septembre 2009, Kisangani sous la pluie. Photo Ba Lek-Archive*

Depuis le début de la semaine dernière à dater du 03 avril 2010, de graves inondations touchèrent la ville de Kisangani suite à la montée des eaux du fleuve Congo et de ses affluents parmi lequel la rivière Tshopo.

Selon un membre du gouvernement provincial de la Province Orientale, ces inondations ont provoquées le déplacement de plusieurs milliers de personnes, notamment ceux qui habitent le long du fleuve Congo et de la rivière Tshopo.

"Il y a également plusieurs maisons qui ont été détruites, des routes ont été coupées, plusieurs édifices situés aux alentours du fleuve et de ses affluents", a-t-il affirmé. Selon un professeur associé et expert en environnement de l'université de Kisangani qui a requis l'anonymat, les pluies torrentielles qui sont tombées sur la province Orientale et sur la ville de Kisangani, ont fait monter les rivières à leur plus haut niveau historique.

La capitale de la province Orientale Kisangani est sous l'eau. C'est un phénomène qu'on a plus ; vu depuis 13 ans.

En effet, il faut remonter à 1997 pour assister à une telle crue du fleuve Congo et de ses affluents. Kisangani étant une grande île entourée par le fleuve Congo et la rivière Tshopo, se trouve être exposée aux inondations", a t-il expliqué.

Il a poursuivi en disant que l'une des causes de ces inondations c'est l'abattage des arbres et la politique de la déforestation qui sont pratiqués dans la ville de Kisangani et ses environs.

"La déforestation dans la région de Kisangani a aujourd'hui des conséquences néfastes sur la ville, avec son corollaire de danger comme les inondations", a également indiqué l'expert.

En 1997, la ville de Kisangani a connu des fortes inondations suite à la montée des eaux du fleuve Congo et des rivières qui l'alimentent, notamment la Tshopo.

L'alimentation électrique était coupée, les routes principales étaient aussi coupées, un seul des deux aéroports était opérationnel. Tandis que le port fluvial de la ville était inaccessible. Les inondations de 1997 ont fait une dizaine de morts et plusieurs centaines de déplacés.

C'est ne pas pour la première fois que la ville de Kisangani est inondée : pour lutter contre ce fléau, le gouvernement congolais doit prendre les choses en main. et en particulier les autorités de la province orientale, car les travaux de réhabilitation de la ville après le sinistre s'avèrent toujours titanesque.

A ce stade des connaissances, les solutions pour parier au sinistre inévitable sont sur le plan social:

- désobstruer les égouts de la ville de Kisangani,
- lutter contre les constructions anarchiques sur la ville,
- éduquer la population de la province orientale et en particulier celle de Kisangani afin qu'elle prenne conscience de l'importance de la flore. Tout cela, pour lutter contre le déboisement. En outre, dans des milieux ruraux, les gens doivent commencer également à planter des arbres en remplacement des bois qu'ils sont entrain de couper d'une façon désordonnée.

En outre, sur le plan scientifique : il est opportun de penser à la cartographie en 3D en courbes de niveau, pour suivre le bassin versant des eaux des pluies, ainsi que le géo positionnement des étendues des étangs sur la ville à coupler avec les données pluviométriques mensuelles. Pareille étude nous renseignera sur la trajectoire des

eaux suivant les courbes de niveau, la célérité des courants d'eau des pluies ainsi que le remplissage des étangs en contre bas du MNT.

Voilà, à notre humble avis, ce qu'il faut faire pour lutter contre l'inondation et en même temps contre la déforestation car les deux problèmes sont liés.

L'inondation de Kisangani a-t-elle une explication scientifique? Nous pensons à l'affirmative, car à l'heure des changements climatiques et des variabilités récurrentes des phénomènes météorologiques extrêmes, les africains doivent se battre pour non seulement atténuer les effets négatifs du climat dans leur environnement immédiat, mais surtout s'y adapter. Ainsi dans le monde, l'atténuation du climat sévère doit passer par le reboisement, la lutte contre la déforestation, l'utilisation accrue des énergies renouvelables et propres, le traitement des déchets, la réhabilitation des caniveaux et conduites d'eaux dans les villes. En outre, l'adaptation aux changements climatiques passe entre autre par : la construction des digues et des bassins de rétention des eaux, la culture des bois énergies, la lutte contre la pauvreté par la conversion des étangs en espaces piscicoles et rizicoles, le traitement des eaux usées, la prévention des maladies des eaux et le financement des études des prévisions et des modélisations climatiques dans les zones à risque comme Kisangani.

Le gouvernement provincial a-t-il le pouvoir et les moyens d'atténuer et de s'adapter aux inondations extrêmes dans la ville de Kisangani? Rien n'est moins sûr. Une zone peut-elle être déclarée sinistrée par l'autorité compétente? La réponse est OUI. Le gouvernement de Kisangani s'est-elle conformée à cette règle de gouvernance de l'atténuation et de l'adaptation aux changements et catastrophes du climat, telle que prônée par l'UNFCCC (Forum des Nations Unies pour la Lutte Contre les Changements Climatiques)?

La solution réside donc à la recherche des voies et moyens de commercialiser le surplus d'eau que la nature déverse sur nous naturellement par la construction des bassins de rétention d'eaux des pluies, avec des pipes lines vers les pays arides, préservant ainsi le Congo de l'éventuelle guerre de l'eau avec ses voisins dans le futur. Ce travail est un début du processus de quantification des eaux dites diluviennes retenues naturellement dans les étangs, dans un sol gorgé d'eau sur la ville.

En effet, considérant l'inondation de la ville de Kisangani causée par la stagnation des eaux des pluies, suite à la planimétrie de cette ville sans relief ni forte gravité, comme problématique dudit travail, deux questions se posent :

- **Quelle est la superficie des étangs, ainsi que le volume des eaux inondables mensuellement par étang sur la ville de Kisangani, précisément dans les communes de Kabondo et de Kisangani?**
- **Quelles sont les équations de prévision numérique mensuelle entre la pluviométrie et le volume d'eau des étangs ?**

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'adaptation aux changements climatiques, en prônant une étude de télédétection de la ville, pour identifier et mesurer les zones inondables et inondées en les associant aux modèles climatiques des prédictions pluviométriques.

Par ailleurs, il a été possible d'inscrire sur nos cartes traitées par SIG sous Arc Gis les courbes des niveaux SRTM, et de comprendre le nivellement des inondations en dessous des terres du seuil de 400m d'altitude sur la ville de Kisangani.

0.2. INTERET

Ce travail présente un intérêt dans la mesure où il nous permet d'en déduire la cartographie de risque d'inondation dans les communes de Kisangani et de Kabondo, ainsi que celles des espaces d'étangs et des courbes de niveau d'eau à partir de la précipitation annuelle. Ce travail pourvoira aussi un modèle numérique de terrain MNT des bas fonds dans les deux communes. Il nous permet en plus d'identifier les mois à risque d'inondation, et le niveau des eaux inondables dans les zones à risques.

Ce travail est outil de système d'alerte aux inondations selon les équations retenues dans le chapitre de discussion.

0.3. HYPOTHESES

- Etant donné la planimétrie de la ville de Kisangani, sans relief ni forte gravité ; les eaux des pluies (1800 à 2000 mm d'eau /an) stagnent dans les très basses courbes de nivelés pour engendrer des zones marécageuses et inondables.
- Ce pourquoi nous cherchons s'il est possible de calculer les espaces qu'occupent les étangs d'eau dans les deux communes comme notre première hypothèse.
- Le mémoire s'attèlera également à vérifier s'il existe à Kabondo et à Kisangani, la présence des zones permanemment inondables.
- Il nous aidera ensuite de calculer les volumes d'eaux se trouvant dans ces étangs d'eaux et prédire la quantité des pluies qui peut tomber l'année prochaine dans le même mois.

0.4. OBJECTIFS

0.4.1. Objectif général

Ce travail vise à spatialiser les zones potentiellement ou permanemment inondables, à décrire les communes de Kabondo et de Kisangani ainsi que les étangs d'eau, les cours d'eau et les bas fonds rencontrés sur la zone d'étude, et à évaluer les zones à risque d'inondation.

0.4.2. Objectifs spécifiques

L'étude menée a pour objectifs spécifiques :

- Evaluer sous trois saisons pluvieuses de la ville de Kisangani, la superficie en hectare perdue sous forme des étangs d'eau dans les communes de Kisangani et de kabondo ;
- Esquisser la cartographie de risque d'inondation et des étangs d'eau dans les communes de Kisangani et de Kabondo ;
- Evaluer les mois à risque d'inondation dans ces communes ainsi que le niveau des eaux inondable.

0.5. SUBDIVISION DU TRAVAIL

Outre l'Introduction, la Conclusion et suggestions, le présent travail comprend quatre chapitres :

- Premier chapitre : Revue de la littérature,
- Deuxième chapitre : Présentation de la zone d'étude
- Troisième chapitre : Matériel et Méthodes,
- Quatrième chapitre : Présentation des résultats et discussion.

CHAPITRE PREMIER

REVUE DE LA LITTERATURE

*Ce chapitre traite les généralités de tous
les concepts de ce travail.*

I.I. GENERALITES SUR LA MODELISATION SPATIALE

I.I.1. Concepts de modélisation spatiale

L'appréhension de l'espace conduit à choisir le mode de représentation des objets que l'on perçoit en unités d'observation ponctuelles, linéaires ou surfaciques, simples ou complexes. Les MCD (modèle conceptuel des données) issus du monde des bases de données classiques ne nous permettent pas de préciser la spatialité des objets. Depuis plusieurs années, des chercheurs développent des concepts qui étendent les modèles en permettant de prendre en compte la spatialité des objets lors de la modélisation. Notamment ils intègrent des types d'objets spécifiques appelés TAD spatiaux. Ainsi en construisant le schéma d'une application, nous pourrions modéliser l'appartenance des bâtiments à une classe surfacique par exemple ; ou percevoir les villes comme un objet géographique complexe composé d'objets linéaires tels que les rues, de surfaciques tels que les bâtiments ou les parcs et de points tels que les stations de métro. (<file:///G:/spatial Model.Learning object1.html>).

1.1.2. Relations topologiques

De la même manière, des liens particuliers tels que les relations topologiques entre classes d'objets spatiaux peuvent être sur le schéma. Ainsi certains introduisent des pictogrammes topologiques (voir la figure ci-dessous) à placer sur les liens. On pourra ainsi préciser par exemple la relation d'inclusion de la géométrie des lots cadastraux dans les communes, comme dans l'exemple de schéma MADS plus loin. (Site : www.gita.info/concept Mod/fr/html/...).

1.1.3. Agrégation

Il existe également d'autres types de liens spatiaux particuliers: l'agrégation ou la composition, représenté par un lien fléché et un pictogramme sur le lien. Dans la figure ci-dessous, ce lien permet de préciser qu'un lotissement est composé d'un ensemble de bâtiments. En d'autres termes, la géométrie du lotissement correspond à l'agrégation des géométries des bâtiments qui le composent. (Site : www.unamur.be/sciences/geographie/e).

❖ Exemple de schéma conceptuel

L'exemple proposé concerne la modélisation des municipalités régionales de comités canadiens. Les municipalités sont représentées par des polygones complexes (zone composée de plusieurs parcelles ou comportant des trous) aux parties parfois disjointes (par exemple, la municipalité de Boucherville est composée de plusieurs îles en plus du territoire principal). Les lots cadastraux sont représentés par des polygones simples. Les rivières sont représentées par des chaînes complètes (ligne brisée comportant certains attributs topologiques). Les routes sont également représentées par des chaînes complètes. Le relief est représenté par une couche matricielle où chaque élément (ou "pixel") est une valeur d'élévation en mètres. (Kabasele, 2009).

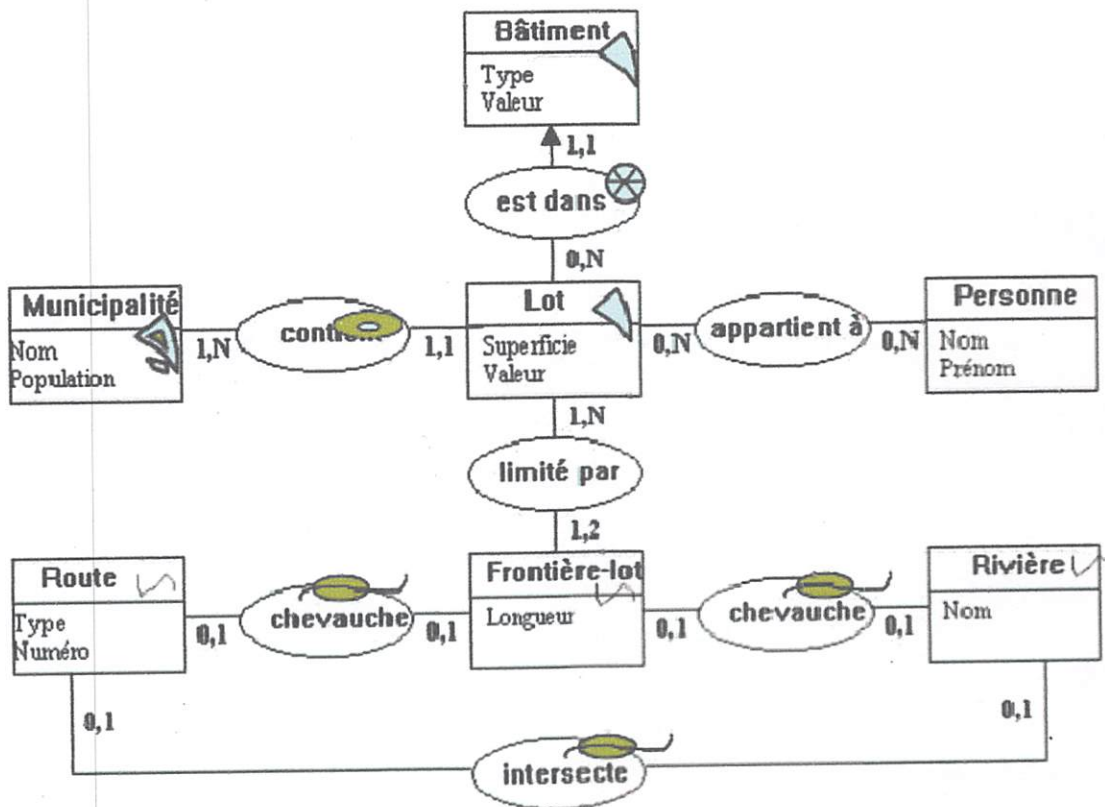


Figure 1 : Exemple de schéma MADS

En définitive la modélisation spatiale n'est d'autre que la cartographie et ce dernier est une science et art de convertir un phénomène sous forme des cartes à partir des données récoltées sur le terrain à l'aide de GPS. (Richard OKOKA, Drt REFORCO /Faculté des sciences UNIKIS).

I.2. BREF APERÇU SUR LES TECHNIQUES D'INFORMATION SPATIALE

I.2.1. INTRODUCTION SUR LA TELEDETECTION

La **télédétection** est l'acquisition d'informations sans contact direct avec la source de l'information. Elle est de plus en plus sollicitée avec l'accroissement des besoins en informations géographiques dans les services militaires comme civils. Le très connu **Google Earth** n'existerait pas sans les images satellites haute résolution des satellites tels que GeoEye. Les images aériennes et satellites font partie des composantes très connues de la télédétection parce que bien visible et compréhensible pour la plupart des utilisateurs. Cependant, la télédétection opère dans le domaine de la bande visible et de l'**Infrarouge** proche et lointain en hyper fréquence.

✦ Rappel des définitions :

Le mot *télédétection* désigne l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (Source : Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988).

On s'intéresse ici plus précisément à la télédétection aérospatiale, soit à l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre en utilisant les propriétés du rayonnement électromagnétique émis, réfléchi ou diffusé par les corps ou surfaces étudiés. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente. (Source : Centre Canadien de Télédétection : <http://www.ccrs.nrcan.qc.ca>)

Trois domaines spectraux sont particulièrement exploités en télédétection :

- le domaine du visible,
- le domaine des infrarouges (comprenant le proche infrarouge, le moyen infrarouge et l'infrarouge thermique),
- le domaine des micro-ondes (ou hyperfréquences).

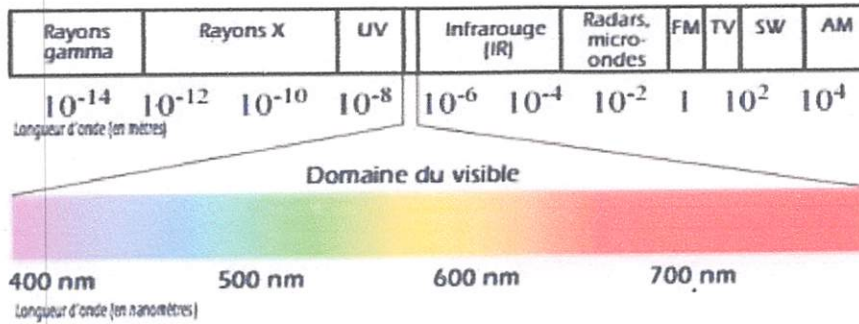


Figure2 :-Composition du spectre électromagnétique

1.2.2. Apports de la télédétection pour la connaissance des enjeux environnementaux (Publié Le 8 juillet à 12:56, par Michel).

Dans le domaine environnemental, les techniques applicables par les acteurs locaux sont rares et présentent peu d'intérêt sur le territoire Nord. Ainsi, l'indice NDVI (Normalized Difference Végétation Index) permet de suivre l'activité chlorophyllienne des végétaux, par le biais de la réflectance dans le rouge et dans le proche infrarouge. Toutefois, sur le territoire restreint de la région Nord - Pas-de-Calais, le calcul d'indice de végétation est sans intérêt, la cartographie des espaces naturels étant déjà assurée par ailleurs. L'intérêt des données infrarouge, LIDAR, RADAR sont encore méconnues des acteurs locaux. Les données sont disponibles mais leur exploitation reste limitée.

Une application de SIG mobile (par exemple technologie Field-Map), sur un ordinateur de terrain PC, permet d'effectuer les études d'impact en environnement (et la cartographie et la collecte des données) directement sur le terrain, qui augmente la productivité et la qualité du résultat.

Une étude d'impact en environnement est un instrument de planification et de recherche qui prend en considération l'ensemble des facteurs environnementaux, d'un point de vue physique, biologique et humain. L'étude d'impact considère également les intérêts des différents partis en vue d'éclairer les prises de décision pour une gestion durable de l'environnement.

L'objectif de la démarche engagée par la DREAL et l'université de Lille est d'explorer les données avec des spécialistes de l'environnement afin d'ouvrir de nouvelles pistes d'intérêt de la télédétection.

1.2.3. Apport de la télédétection au suivi de l'inondation.

L'importance de l'eau en tant que ressource vitale est facteur de développement mondialement reconnue, la protection de cette ressource nous amène à évaluer les paramètres qui jouent un rôle important dans l'écoulement des eaux superficielles. Ces facteurs englobent les caractéristiques géologiques, géomorphologiques, hydrologiques, et climatiques, dont nous intéresserons, dans la présente étude, sur les caractéristiques climatiques et hydrométriques des étangs d'eaux.

L'utilisation des outils performants tels que le SIG et la télédétection sont très nécessaire et utiles dans le cadre de cette étude, ces outils répondent à la problématique précise de définition du réseau hydrographique et les bassins versants à partir d'un modèle numérique du terrain.

Ces nouvelles techniques ont permis de donner des informations numériques caractérisant le relief et la morphométrie du bassin, elles sont utilisées dans les domaines applicatifs très variés, elles sont notamment utilisées pour la cartographie des risques naturels tels que les risques d'inondations.

Les inondations représentent, par la gravité de leurs conséquences sur le plan humain et matériel, le risque naturel le plus important dans le monde. Pour faire face à ce risque, il est nécessaire de mettre en œuvre une prédétermination de la

réponse des étangs d'eaux à des éléments pluvieux, et ce afin de caractériser l'écoulement des étangs d'eaux.

Les techniques classiques utilisées dans l'étude du complexe physique des étangs d'eaux sont basées essentiellement sur des méthodes manuelles, dont les résultats obtenus généralement sont incorrects, avec l'apparition des nouveaux outils tel que les SIG et la télédétection, il est devenu facile de déterminer les paramètres de forme, de relief et la typologie d'un réseau hydrographique. L'utilisation de ces nouvelles techniques a permis ainsi de répondre aux exigences d'exploitation des eaux superficielles et la prévention contre les risques d'inondation. (NadjlasBENTEKHICInadjla_b@yahoo.fr).

L'atout majeur de la télédétection est d'offrir, dans un temps resserré autour du moment du pic de débit, une observation synoptique des traces laissées par l'inondation dans le lit majeur. Ces stigmates de l'inondation, regroupés sous le terme générique de « laisses de crue », apparaissent sous des formes variées : eau apparente, traces d'humidité et dépôt solides. La cartographie exhaustive de cette empreinte de la crue, à partir des images géoréférencées constituant une archive événementielle brute du phénomène, délivre une base factuelle solide pour évaluer finement l'extension géographique de la tâche d'inondation. Couplée aux mesures de débits, cette délimitation de l'enveloppe inondée pourrait - devrait - constituer le fondement de la caractérisation de l'événement naturel inondation.

En exploitant de façon approfondie ces images, on peut aller plus loin dans la description du phénomène. En particulier, il est possible de fournir une information, calée dans le temps et dans l'espace, sur les caractéristiques des écoulements en termes de localisation des échanges lit mineur - lit majeur, de délimitation des casiers hydrauliques et de localisation des courants et des zones d'échanges entre casiers. Le relevé géo référencé de tous ces « objets hydrauliques » contribue à forger un panorama exhaustif et détaillé de l'épisode d'inondation, expression de la réalisation de l'aléa. La production de ce constat événementiel détaillé appartient au retour d'expérience, les bénéfices que l'on peut en attendre concernent tout le cycle de gestion du risque. Ce gain est bonifié si l'exploitation des données spatiales est couplée avec les études de terrain, en particulier les observatoires

in situ et les modèles de transferts de débits. La systématisation d'une telle démarche de constat géo référencé des épisodes d'inondation, à l'échelle du territoire national, pour produire des annales cartographiques des inondations, rejoindrait les préoccupations de la commission européenne exprimées dans la directive du conseil relative à l'évaluation et la gestion des inondations. Elle répondrait également au souci de l'État français en matière de gestion du risque ; en effet, la plupart des documents réglementaires requièrent la cartographie de l'aléa. (Centre National des Techniques Spatiales, Laboratoire de Télédétection, Arzew, Algérie).

1.2.3. Définition du concept « Système d'Information Géographique » (SIG).

Un Système d'information géographique (SIG) est une intégration organisationnelle d'un logiciel et de données géographiques. Autrement dit un système qui assure la collecte, le stockage, l'analyse et la visualisation de données. Les SIG aident à la prise de décision, à la planification et à la gestion dans un environnement de résolution de problèmes. Les exemples suivant, montrent les possibilités d'applications des SIG.

- Apparition des SIG en agriculture ; Sources d'informations ; Gestion durable des ressources ; Sécurité des insulaires ; Industrie pétrolière ; Exploitation et production ; Gestion des infrastructures ; Planification de vente ; Risques d'inondation ; Gestion forestière ; Collecte des déchets ; Catastrophes humanitaires ; Santé publique ; Urbanisme ; Tourisme...

Le Système d'Information Géographique peut servir à cartographier les zones propices à l'implantation de parcs éoliens ou à fournir des informations de base permettant de déterminer ces zones propices. Avec sa capacité de manipulation, d'intégration et de superposition des couches, le S.I.G permet de visualiser et d'analyser plusieurs cartes thématiques en même temps. Des applications du S.I.G peuvent être encore plus précises et détaillées tels que le ArcGIS ou encore le GeoWind. (AL.AIME, 2009).

1.3. BREF APPERCU SUR LES ETANGS D'EAUX.

Selon la **convention de Ramsar**, les lacs, les étangs d'arrière-dunes, les lagunes, les étangs saumâtres, les mares anthropiques et les retenues d'eau ainsi que les rivières et les ruisseaux sont des zones humides.

Cependant la réglementation française pour l'application de la police de l'eau leur donne 3 statuts différents, « plans d'eau », « cours d'eau » et « zones humides ». Néanmoins, leurs berges des plans d'eau et cours d'eau peuvent être qualifiées au cas par cas de zones humides.

Un étang présente les spécificités suivantes :

- Une circulation de l'eau est lente voire nulle
- Une profondeur le plus souvent comprise entre 5 et 10m
- Une seule couche d'eau.
- Une digue
- Une alimentation direct par le réseau hydrographique ou par dérivation d'eau de surface (ex: cours d'eau)

1.3.1. LA GESTION ADMINISTRATIVE DES ETANGS

1.3.1.1. La nomenclature du code de l'environnement :

Pour assurer une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, telle que demandée à l'article L.211-1 du code de l'environnement, le législateur a prévu de soumettre certaines Installations, Ouvrages, Travaux ou Activités à **déclaration** ou à **autorisation** (article L.214-1). Ceux-ci sont listés dans la **nomenclature** introduite par l'article R.214-1 du code de l'environnement.

Cette nomenclature est composée de rubriques regroupées par titre qui définissent les opérations soumises à réglementation, le plus souvent selon le type d'effets qu'elles engendrent sur la ressource en eau et les milieux aquatiques. Elle définit également les seuils de déclenchement des régimes de déclaration ou d'autorisation selon l'importance de ces incidences.

1.3.1.3. La régularisation des étangs :

La procédure de régularisation concerne les plans d'eau créés sans autorisation administrative avant le 29 mars 1993, dont l'activité peut être reconnue avant cette date. Cette procédure est simplifiée par rapport à la « procédure loi sur l'eau classique » : le pétitionnaire doit simplement fournir « une étude technique » afin de justifier du dimensionnement des ouvrages et de préciser les travaux à réaliser pour mettre aux normes son plan d'eau.

1.3.1.4. La création d'étangs :

Ces dossiers concernent les projets de plans d'eau qui ne sont pas encore réalisés, ainsi que ceux créés après le 29 mars 1993, sans autorisation administrative et qui ne peuvent donc bénéficier de la procédure d'antériorité décrite ci-dessus. Il s'agit ici d'une « procédure loi sur l'eau classique ».

Pour les étangs créés après 1993, à tout moment la procédure peut être interrompue par le propriétaire, qui peut choisir de supprimer son étang.

Il faut différencier 2 cas : les dossiers de déclaration et les dossiers d'autorisation.

Le contenu du dossier sera le même dans un cas comme dans l'autre. Il ne s'agit plus d'une simple étude hydraulique mais d'un dossier complet qui doit comporter outre une étude hydraulique, un certain nombre de pièces administratives et techniques, un document d'incidence précisant l'impact sur le milieu aquatique et les mesures de compensation à prendre, mais aussi justifier de la conformité du projet avec le **SDAGE** (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux), etc...

CHAPITRE DEUXIEME

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le présent chapitre nous donnera une vue synoptique de la zone d'étude, sa localisation, ses délimitations ainsi que quelques unes de ses caractéristiques.

EUNGI ELUO Annie 2014

route Opala

route Uvumbi

0 2 4 6 8 10 km

route Lobuto

2.1. Ville de Kisangani

2.1.1. Situation géographique et organisation administrative

Chef lieu de la province Orientale depuis 1913, la ville de Kisangani est située à l'arc Nord-est du fleuve du Congo, à environ 1700 km de la ville de Kinshasa, au niveau des Célèbres rapides de Wagenia. En coordonnées géographiques, elle correspond à 00°31' Latitude Nord et 25°11' longitude Est. Kisangani a une superficie de 1.910 km² (Kahindo, 2011) et occupe dans l'armature urbaine congolaise la troisième place comme pôle Économique de la RDC, après Kinshasa et Lubumbashi (province du Katanga). Cette Métropole joue vraiment un rôle déterminant au Nord-est de la RDC. Sur le plan Administratif, la ville est subdivisée en 6 communes (Makiso, Tshopo, Mangobo,

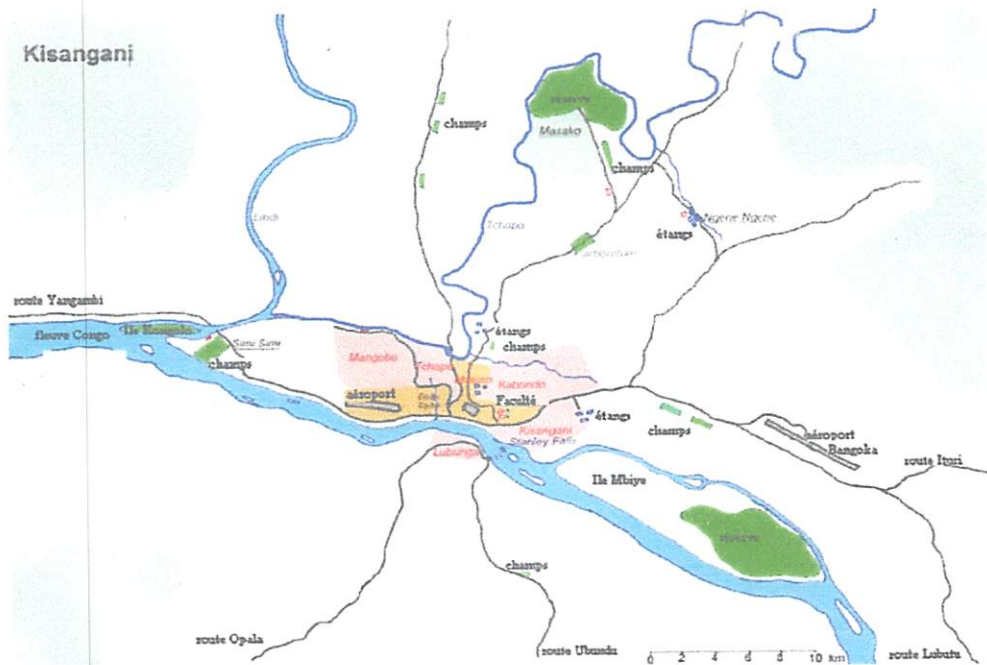


Figure 3. : Entités administratives de la ville de Kisangani sur Fond Landsat 2008. Carte construite à partir de Google Earth 2008, modifié (Source : Nshimba, 2008).

2.1.2. Démographie

La ville de Kisangani compte environ 1.310.587 habitants (INS/PO, 2011), repartis.

En plus de 250 ethnies (Kahindo, 2010). Elle présente la densité la plus élevée du district de la Tshopo1 avec 651 habitants par km² (INS/PO, 2010). (D'après les données de la direction provinciale de l'INS/PO, 2010).

Elle montre la structure typique d'une population jeune : 66,2% de la population ont moins de 25 ans. La population active (entre 18 et 60 ans) représente 38,9% de la population. Rappelons qu'une forte augmentation démographique a été observée ces vingt dernières années dans toute la ville. D'ici 2050, l'un des défis majeurs du pays sera démographique et se traduira par un accroissement démographique de plus de 100 pourcent, ce qui correspond à plus qu'un doublement de sa population actuelle (PRB, 2008).

1 District Tshopo : Entité administrative comprenant 6 territoires (Kisangani, Opala, Banalia, Bafwasende, Ubundu et Isangi)

Cette évolution démographique s'explique par la conjonction d'un fort accroissement

Naturel (excédent de naissance sur le décès) et d'une puissante immigration. Les Immigrations se font suivant les quatre axes routiers convergeant vers la ville (voir figure 6), Que ce soit en provenance directe des campagnes ou par l'intermédiaire des petites villes. La Répartition géographique de différentes ethnies se présente de la manière suivante (Kahindo, 2010) :

- Au nord : mouvement des Bamanga, les Popoï et les Boa qui vivent majoritairement Dans le secteur Lubuya- Bera (rive droite de la rivière Tshopo) et arrivent en ville Suivant la route Buta ;
- Au sud : mouvement des Lokele, Turumbu, Mbole, Kumu, Wagenia, Rega (ethnies Arabisées), populations venues du Maniema par la route d'Ubundu et par voie Ferroviaire ainsi que par la route Opala et le fleuve, en direction du territoire voisin

D'Isangi ;

- A l'ouest : les Topoke, Lokele, Turumbu, les Basoko se déplacent par le fleuve Congo et la rivière Tshopo pour atteindre l'ouest de la ville (commune de Mangobo);
- A l'est : on trouve les Bali, Lendu, Budu, Bangetu, Logo, Alur, Hema, Nande venus Par la route de l'Ituri débouchant sur Bunia, Béni et Butembo.

2.1.3. Conditions climatiques

Le climat de Kisangani appartient au groupe AF de la classification de Köppen, c'est un climat chaud et humide de type équatorial, la température moyenne diurne est de 24 à 25⁰C. Les précipitations annuelles supérieures à 1800mm, l'insolation de 1972 heures/an et d'humidité relative est 80 à 90% (BOREK, 1990). La hauteur moyenne des pluies du mois les plus secs est supérieure à 60mm et l'amplitude thermique inférieure à 5⁰C. Les pluies y sont généralement abondantes bien que l'on observe une baisse de décembre à février et de juin à Aout faisant apparaitre 2 petites saisons relativement sèches (NYAKABWA, 1982).

Concernant notre étude nous avons utilisés les données pluviométriques de 1956 à 2005 dont les données sont reprises en annexe.

2.1.4. Conditions édaphiques

Le sol de Kisangani appartient à l'ordre des oxysols. Ils sont fortement altérés, pauvres en humus, caractérisés par une richesse en sesquioxydes de fer et d'aluminium (Pyame, 2007). L'argile minéralogique est dominé par la kaolinite (Mambani, 2006) ; leurs réserves en éléments nutritifs minéraux sont faibles et la texture est sablo-argileuse, la capacité d'échange cationique est faible et ne dépasse pas 10 méq par 100g.

2.1.5. Végétation

La végétation de Kisangani se place selon Mate (2001) dans le secteur forestier central de la région guinéenne. Ce secteur est caractérisé par des forêts denses, humides et groupements végétaux de dégradation diverse suite à l'action anthropique. Cette végétation est essentiellement constituée des forêts secondaires jeunes, des recrûs forestiers, de forêts primitives et marécageuses.

2.1.6. Hydrographie

La province orientale est presque entièrement située dans le bassin du fleuve Congo, à part une certaine partie des territoires d'Aru, Mahagi, Djugu et Irumu à l'Est qui font partie du bassin du Nil. Outre le fleuve Congo, on trouve aussi de grandes rivières telles que : Tshopo, Lindi, Aruwimi, Itimbiri, Lomami, Uélé, Ituri, Mbomu, Bomokandi, Bima, Népoko, Pungu, Bili, Rubi.

Avec son hydrographie, la Province Orientale dispose d'énormes potentialités hydro-électriques. En plus des centrales hydro-électriques, actuellement opérationnelles (Tshopo, Budana, Solenyama 1et 2) et thermiques, plusieurs sites ont été identifiés pour l'installation de nouvelles centrales hydro-électriques. On peut citer : la rivière Nepoko (puissance 10MW), la rivière Lobito (puissance 0,8 MW), la rivière Tshopo, et le fleuve Congo (Wanie-Rukula et Wagenia) pour le renforcement de la centrale hydroélectrique de Kisangani.

Pour le cadre de notre travail nous nous sommes basés plus sur les communes de Kabondo et de Kisangani dans la ville de Kisangani en voyant leurs taux d'humidité élevé à la présence de beaucoup d'étangs d'eaux.



Photo2. Chute Wagenia : Kisangani

1.2.7. COMMUNE DE KABONDO

La commune de Kabondo est l'une des six communes de la ville de Kisangani ; limite entre les communes Kisangani ; Makiso et Tshopo.

➤ Localisation

Cette commune a une superficie de 368km² ; elle est délimitée :

- A l'Est par la commune Kisangani au quartier Malek, GPS (00°32'955'');
- A l'Ouest par le quartier plateau boyoma/commune Makiso, GPS (00°31'505'');
- Au Nord par la commune Tshopo PK8 ancienne route buta, GPS (00°32'217'');
- Au Sud par le bloc artisanal/commune Makiso (Hôpital de Référence), GPS (00°30'585'').

1.2.8. COMMUNE DE KISANGANI

La commune Kisangani est une entité administrative décentralisée promulgué par l'arrêté ministériel N° 069/0226 du 22/7/1969 du ministère de l'intérieur, elle est parmi les 6 communes composant la ville de Kisangani avec la superficie de 636km².

➤ Localisation

Elle est délimitée :

- A l'Est par la rivière Abokoko qui la sépare du territoire d'Ubundu au PK20 sur la route Ituri, GPS (00°30'994'')
- A l'Ouest par la commune Makiso et la rivière Makiso, GPS (00°30'342'');
- Au Nord par les communes Kabondo et Makiso, GPS (00°30'639'');
- Au sud par le fleuve Congo qui la sépare de la commune Lubunga, GPS (00° 30' 312'').

CHAPITRE TROISIEME

MATERIELS ET METHODES

Dans ce chapitre nous présentons les matériels qui nous ont servis pour la réalisation de ce travail y compris les méthodes et techniques utilisés pour y aboutir.

3.1. MATERIELS

Les matériels utilisés pour ce travail sont les suivants :

3.1.1. Images satellites

Nous avons utilisé les images ci- après :

- A. Images SRTM (courbes de niveau) de Kisangani ;
- B. Images Landsat de la ville de Kisangani.
- C. Image ASTER

Ces images satellites (SRTM et LANDSAT), étaient traitées à l'échelle des étangs, des cours d'eaux et des bas fonds avec des logiciels de cartographie appropriés (ARC GIS 9.3, SPSS16.0, QGIS).

Tous ces images on les avait obtenues au Laboratoire de l'OSFAC et au Département de Physique de Sols de d'Hydrologie du Commissariat Général à l'Energie Atomique à Kinshasa par l'entremise de C.T.Jean Fiston MIKWA et le Prof Albert KABASELE.

Une image SRTM de 30 m de résolution a été utilisée pour générer les courbes de niveau des zones inondables et le MNT des cours d'eau ainsi que les mois à pluviosité élevée.

3.1.2. Logiciels utilisés

Nous avons utilisés les logiciels ci-après :

- Arc Gis 9.3 : images
- Map source : Données GPS
- QGIS
- SPSS16.0
- Arc GIS 9.3 nous a permit de publier de façon plus efficace des cartes dynamiques et de faciliter le partage de l'information Géographique.
- MapSource nous a permit de transférer des Waypoints des itinéraires et des pistes enregistrés sur GPS vers un ordinateur ;

- SPSS 16.0 nous a permis de faire les analyses statistiques des données pluviométriques (précipitation) pour générer les courbes de niveau des mois pluvieux ;
- QGIS nous a permis de produire les shapes des communes de la ville de Kisangani et des étangs d'eaux ainsi qu'à digitaliser les endroits où se trouvent ces étangs d'eaux.

3.1.3. Données pluviométriques

Nous avons utilisés les données recueillies à la division de météorologie pour la pluviosité de Kisangani de 1956 à 2005 et la pluviométrie mensuelle (précipitation) de ces deux communes pour faire les courbes en histogrammes et évaluer les périodes à risque d'inondation ainsi que les différentes saisons de la ville de Kisangani.

3.1.4. Matériels du terrain

Nous avons récoltés les données sur terrain grâce à un GPS en prélevant les points (Longitude, Latitude et Altitude) sur les limites des communes, les étangs d'eau, les bas fonds ainsi que les cours d'eaux sur les communes de Kabondo et de Kisangani. Nous avons utilisés aussi les motos taxi pour nous servir de transport.

3.2. METHODES

La méthodologie utilisée est la suivante et peut se résumer en 6 grandes étapes : 1).récoltes des données sur terrain ; 2).acquisition des images ; 3).traitement des données pluviométriques ; 4).traitement des logiciels ; 5).traitement des données .

L'approche documentaire a permis de nous renseigner sur le concept de modélisation spatiale, sur l'approche système d'informations géographiques dans l'étude de risque d'inondation, l'approche télédétection au suivi d'inondation, l'approche des Etangs d'eaux ainsi que sur l'intégration des paramètres de données pluviométriques, des données du terrain dans un SIG.

3.2.1. Récoltes des données sur terrain

- La récolte des données a été faite par la descente sur terrain dans les deux communes (Kisangani et Kabondo) à dater du 13 Janvier au 5 Février; cette récolte des données s'est faite en prenant les données géographiques de chaque étang d'eau (eaux stagnantes, flaque d'eaux, étangs piscicoles, marécage) se trouvant dans les deux communes ainsi que les cours d'eau et les bas fonds à l'aide de GPS avec une précision variant de 10 à 15m compte tenu de la longueur des étangs en attendant l'apparition d'au moins quatre satellites ; mais la première descente était pour identifier les endroits précis où sont placés les étangs dans les deux communes en se renseignant dans les bureaux des communes et la deuxième était la récolte des données.
- Pour identifier les endroits précis des étangs, des cours d'eau, des bas fond nous avons possédé par la visite dans des bureaux administratifs de ces deux communes précisément au service du développement rural et de l'état civil pour avoir les limites de ces deux communes; visite au bureau du ministère de plan et de l'institut géographique pour voir s'ils peuvent avoir les cartes de la ville de Kisangani et de ces deux communes mais malheureusement rien n'a été obtenu.
- La prospection du terrain nous a servi à circonscrire les problèmes environnementaux majeurs identifiés sur le terrain et établir leur lien avec les caractéristiques géométriques, morpho métriques et hydrologiques évalués à l'aide des logiciels.



Photo 3 .Image du terrain montrant le prélèvement des coordonnées.

Le GPS seul nous a permis uniquement d'obtenir une position géo référencée. Un terminal (Smartphone, Pocket PC, tablette, PC portable...) équipé d'un GPS et d'un logiciel Adapté permet de récolter des données géo référencées. .

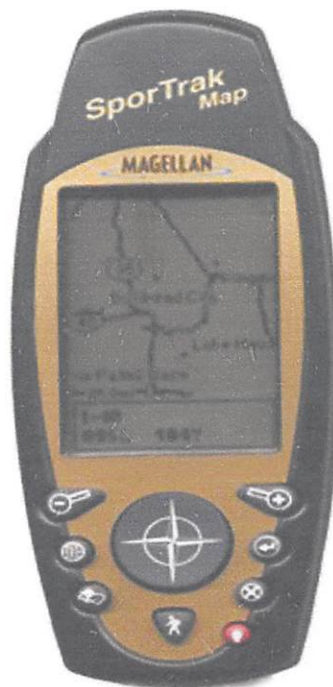


Photo 4. GPS utilisé sur terrain.

En précisant quel type de matériel et de logiciel qu'on est entrain d'utiliser, toutes ces informations peuvent figurer dans une seule et même géodatabase :

- Nous sommes allés en suite au bureau de la division provinciale de la météorologie pour recueillir des données climatiques de la ville de Kisangani de 1956 à 2005 afin de construire une courbe ombrothermique avec ces données et calculer le volume d'eau se trouvant dans ces Etangs, les mois à pluviosité élevée et prédire quelle quantité de pluie va pleuvoir l'année prochain au même mois.

3.2.2. Acquisition des images.

Les images ci- après ont été utilisées :

- A. Images SRTM (courbes de niveau) de Kisangani ;
- B. Images Landsat de la ville de Kisangani.

Ces images satellites (SRTM et LAND SAT), ont été traitées à l'échelle des étangs d'eau, des cours d'eaux et des bas fonds avec des logiciels de cartographie appropriés (SPSS, QGIS et ARC GIS 9.3).

Une image SRTM de 30 m de résolution a été utilisée pour générer les courbes de niveau des zones inondables et les mois à pluviosité élevée ainsi que les MNT des cours d'eaux.

➤ Sur ce on a déterminé la Numérisation Cartographique comme suit:

Les enregistrements satellites en format numérique disponible favorise l'analyse à l'ordinateur, pour cause la finalisation de l'analyse des images numériques s'effectue suivant deux opérations : la classification et le rehaussement.

a) Rehaussement

La fonction de rehaussement permet à améliorer l'apparence de l'image en vue de faciliter l'analyse. Devant une image brute, les enregistrements appropriés peuvent se contenir dans un lot restreint de chiffres numérisés dans un intervalle des 8bits pour TM (valeurs disponibles) .Le contraste amélioré permet d'allonger les valeurs suivant la possibilité des niveaux, c'est-à-dire les changements de valeur initiale de manière à utiliser les valeurs possibles par manipulation distributive du niveau d'intensité de l'image.

b) Classification

Dans le cadre de notre mémoire, pour une meilleure gestion des ressources et une meilleure planification classifiée, il est essentiel de connaitre les zones permanemment inondables de la ville de Kisangani, les pluies extrêmes pour déterminer les mois à pluviosité élevée ainsi que les saisons de la ville.

Une image LAND SAT et une Aster de résolution 30 mètres ont servi à la classification.

3.2.3. Acquisition des données pluviométriques de la ville de Kisangani

Les données de la pluviosité de Kisangani de 1956 à 2008 et la pluviométrie mensuelle(précipitation) de ces deux communes pour construire les

diagrammes et évaluer les zones à risque d'inondation y compris les mois à pluviométrie extrêmes ont été collectées au service météorologique

Avec ses données nous avons déterminés :

- La hauteur pluviométrique journalière ;
- la hauteur pluviométrique mensuelle ;
- la hauteur pluviométrique annuelle ;
- le module pluviométrique annuel moyen (moyenne arithmétique des hauteurs de précipitations annuelles) ;
- la fraction pluviométrique mensuelle (rapport entre le module annuel et le module mensuel considéré) ;
- les moyennes, le nombre moyen de jours de pluie, la variabilité des précipitations et des jours de pluie. Avec toutes ces données on va calculer la pluviométrie mensuelle moyenne de Kisangani.
- Les cartes de la pluviométrie mensuelle et annuelle
- Les volumes d'eaux se trouvant dans des étangs d'eaux.

La pluviométrie mensuelle maximale a été enregistrée au cours de mois à pluies extrêmes comme par exemple Novembre et le mois le plus sec comme par exemple janvier.

3.2.4. Traitement des Logiciels

Nous avons utilisés les logiciels ci-après :

- Arc Gis 9.3: images
- Map source : Données GPS
- SPSS 16.0
- QGIS
- Avec Arc GIS 9.3, nous avons augmentés notre productivité SIG dans sa totalité.

Arc GIS 9 intègre des outils et des fonctionnalités à même de nous aider dans :

- la gestion efficace des informations spatiales,
- la création des cartes de qualité professionnelle,
- le partage d'informations opérationnelles,
- Anthropisation (déboisement d'écosystèmes, drainage de milieux humides),
- Évolution naturelle du milieu,
- l'échange d'informations en temps réel, depuis et vers le terrain,

- la planification et l'analyse.

Arc GIS 9.3 nous a permis de publier de façon plus efficace des cartes dynamiques et de faciliter le partage de l'Information Géographique.

- MapSource nous a permis de :
 - Transférer des Waypoints, des itinéraires et des pistes enregistrés sur GPS vers un ordinateur ;
 - Créer, afficher et modifier des Waypoints, des itinéraires et des pistes ;
 - rechercher des éléments, des adresses et des centres d'intérêt contenus dans les données cartographiques ;
 - Transférer des données cartographiques, des Waypoints, des itinéraires et des pistes sur GPS.
- **SPSS** (*Statistical Package for the Social Sciences*) est un logiciel utilisé pour l'analyse statistique. C'est aussi le nom de la société qui le revend (SPSS Inc.), est le logiciel utilisé pour faire l'analyse statistique à partir des données climatiques à notre disposition et sortir des courbes de niveau pour calculer les volumes d'eaux et repartir les saisons. . En plus de l'analyse statistique, la gestion des données (sélection de cas, reformatage de fichier, création de données dérivées) et la documentation des données (un dictionnaire de métadonnées est sauvegardé avec les données) sont deux autres caractéristiques du logiciel.
- QGIS nous a permis à produire les shapes des communes et des étangs d'eaux ainsi qu'à identifier les endroits où se trouvent les étangs d'eaux à partir des données récoltées sur terrain en les digitalisant.

3.2.5. Traitement des données

Nous avons traités les données récoltées sur terrain à l'aide de GPS en le téléchargeant sur la machine, nous avons aussi traités les données pluviométriques et les données SIG mais premièrement on a possédé au prétraitement de ces images SRTM afin de les corriger ; pour les SRTM pour éliminer les valeurs négatives d'altitude (imputables à la prise des données par le satellite) ; l'extraction des courbes de niveau à partir des images et le

traitement de ces courbes afin d'en obtenir des points de validation des MNT ; l'interpolation de la topographie à partir des centroïdes de la grille raster par des méthodes et l'interpolation de la cartographie à partir des centroïdes de la grille raster avec une plus petite résolution afin d'obtenir les MNT.

Enfin, toutes ces données étaient intégrées dans un SIG pour évaluer les zones à risques d'inondation et les mois où la pluie est extrême dans ces deux communes et faire des courbes ombrothermiques.

- les traitements des données ont été faits par l'ordinateur et sur internet.

CHAPITRE QUATRIEME

PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSIONS

Ce chapitre présente, les résultats obtenus à partir du traitement des informations spatiales, des données climatiques de la ville de Kisangani et de l'analyse des données de terrain par l'utilisation des logiciels SIG (Arc gis 9.3; Spss16.0 et Qgis). Ces résultats portent sur la cartographie des Etangs d'eaux et des zones inondables, la pluviosité mensuelle ; la cartographie des courbes de niveau, l'identification des zones et des mois à risque d'inondation

4.1. PRESENTATION DES RESULTATS

4.1.1. Présentation des Cartes des Etangs d'eaux et des zones inondables ainsi que leur identification.

4.1.1.1. La figure 4. Illustre les endroits où se trouvent les étangs d'eaux dans la Commune de Kabondo.

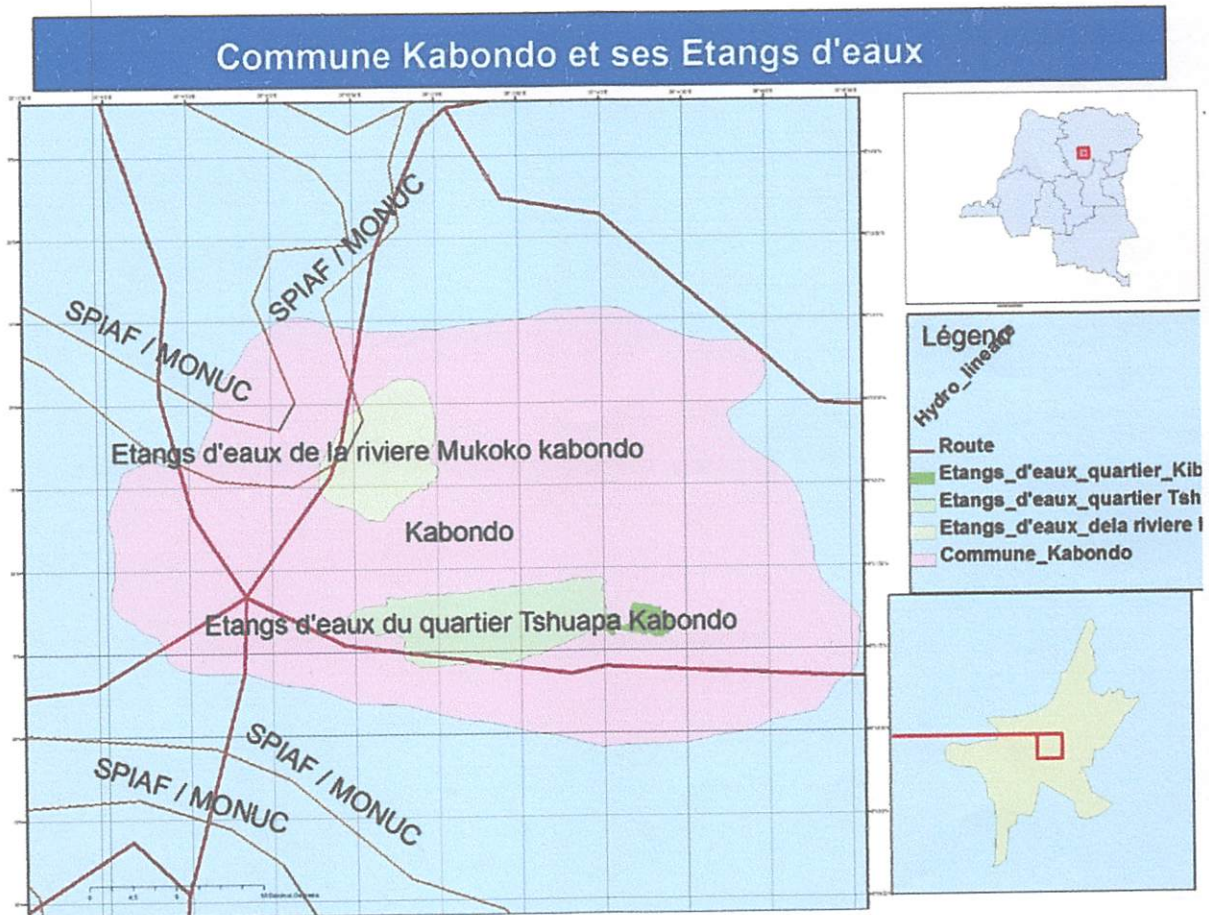


Figure.4 : Les étangs d'eaux répertoriés dans la Commune Kabondo ; Echelle : 1 : 15392

Il ressort de cette figure qu'il existe des Zones permanentement inondables dans la Commune Kabondo, représentées par une agglomération des étangs d'eaux (marécages, bas fonds, eaux stagnantes...) ayant une superficie de 41Km² au totale sur le 368km² de la superficie totale de la commune et cette agglomération des étangs d'eaux a été digitalisée sur QGIS selon leur emplacements (3 agglomérations : celle du Quartier

Tshuapa ; celle du Quartier Kibibi et celle alimentée par la rivière mukoko) et géo référenciée sur ArcMap dont chacune est représentée sur des cartes suivantes.

Nous avons signalé là à coté son emplacement par rapport à la République Démocratique du Congo et à la ville de Kisangani. La commune a une surface de 12m² et une densité de 15521, la superficie est de 368 Km².

4.1.1.2. Les figures 5, 6,7. Illustrent l'espace occupé par les étangs d'eaux dans le quartier tshuapa, Quartier Kibibi et ceux alimentés par la Rivière Mukoko dans la Commune de Kabondo

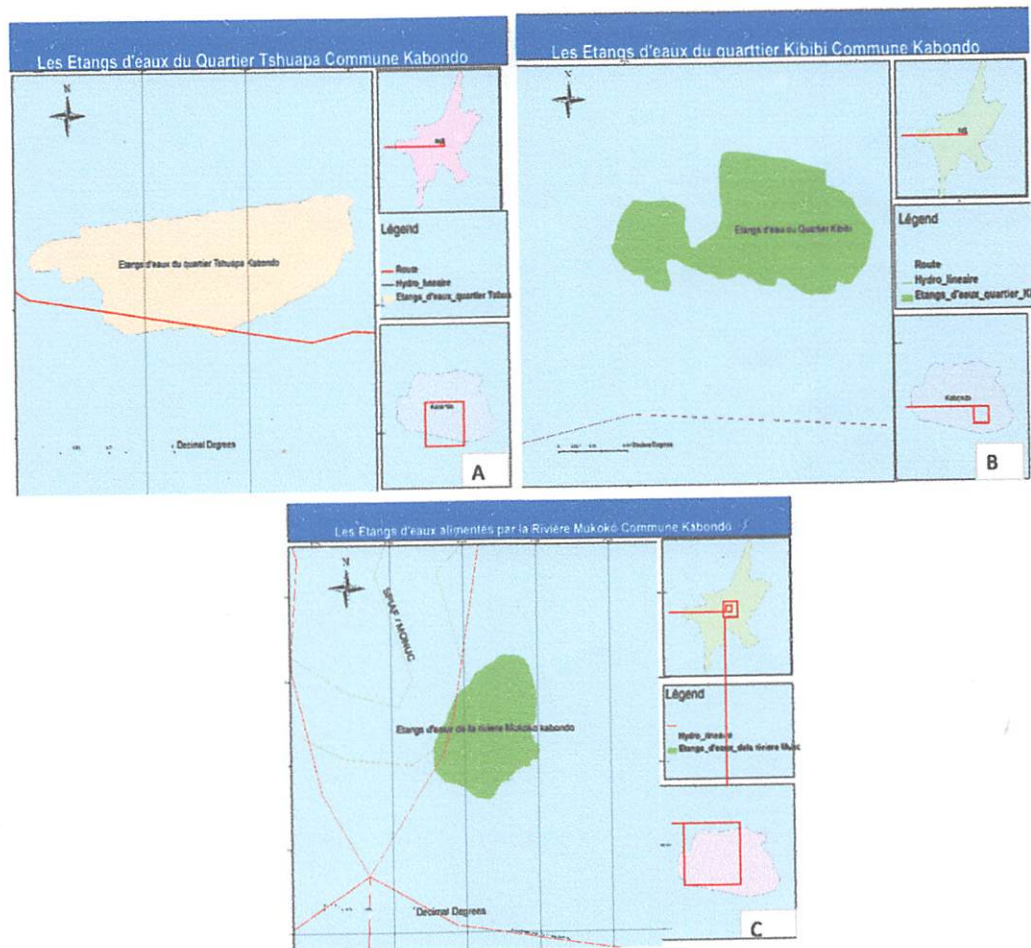


Figure.5, 6, 7. Les étangs d'eaux du quartiers tshuapa, Kibibi et ceux alimentés par la Rivière Mukoko dans la Commune Kabondo ;Echelle s: 1 :1025, 1 :518 et 1 :410.

La figure A indique l'espace occupée par les étangs d'eaux dans le quartier tshuapa au sein de la Commune Kabondo ;cet espace rassemble une agglomération d'étangs d'eaux repertorié à l'aide d'un GPS et digitalisé à partir du logiciel QGIS en suite géoréférenciés dans Arc map ayant une superficie de 28 km² sur la totalité de la commune.

La figure B illustre une agglomération des étangs d'eaux se trouvant dans le quartier kibibi au sein de la Commune kabondo dont les détailles corresponent à celles de la figure 10.Cet tas d'étangs d'eaux a une superficie de 7km² sur la superficie totale de la Commune.

Et La figure C nous montre un assemblage d'étangs d'eaux se trouvant dans les limites Kabondo Makiso, sur la 21è avenue Commune kabondo et alimentées par la rivière Mukoko avec une superficie de 6 km².

636 km² de la totale de la Commune. Signifions que
de 12298m² avec 7m² de la surface totale.

4.1.1.3. La figure 8. Illustre les endroits où se trouvent les étangs d'eaux dans la Commune Kisangani.

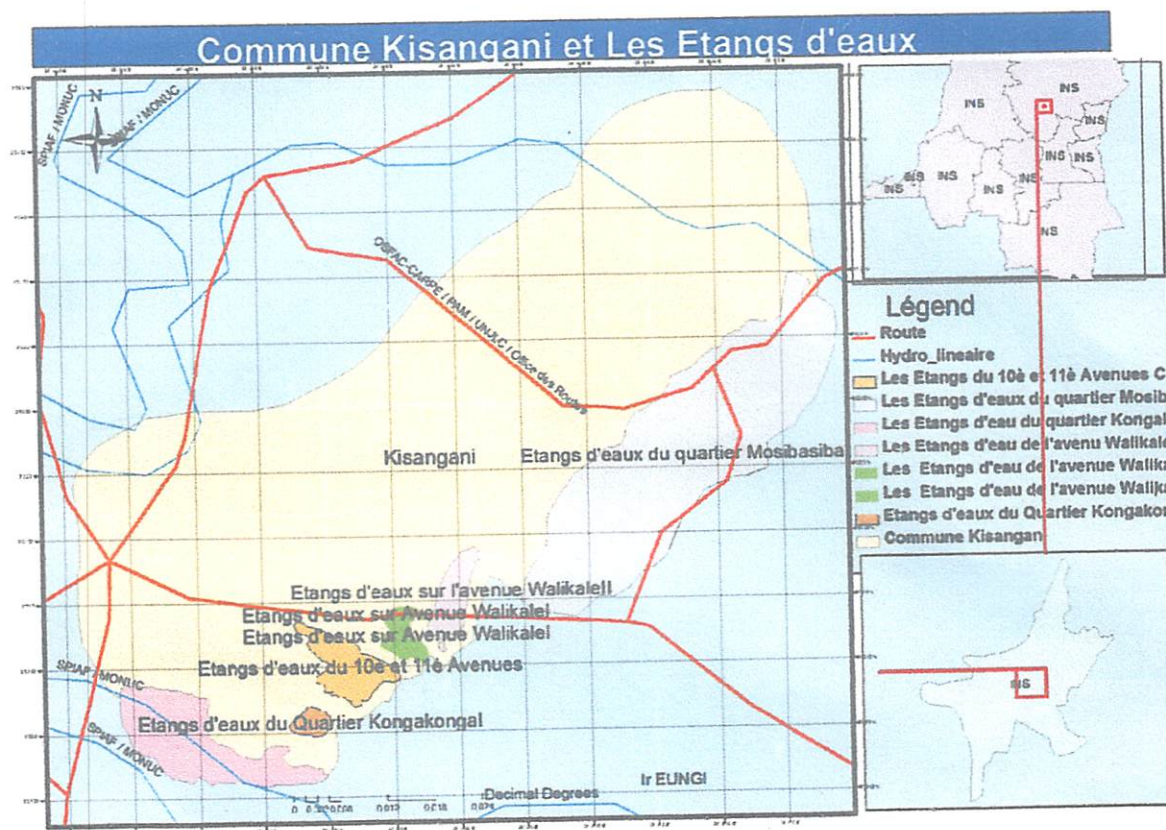
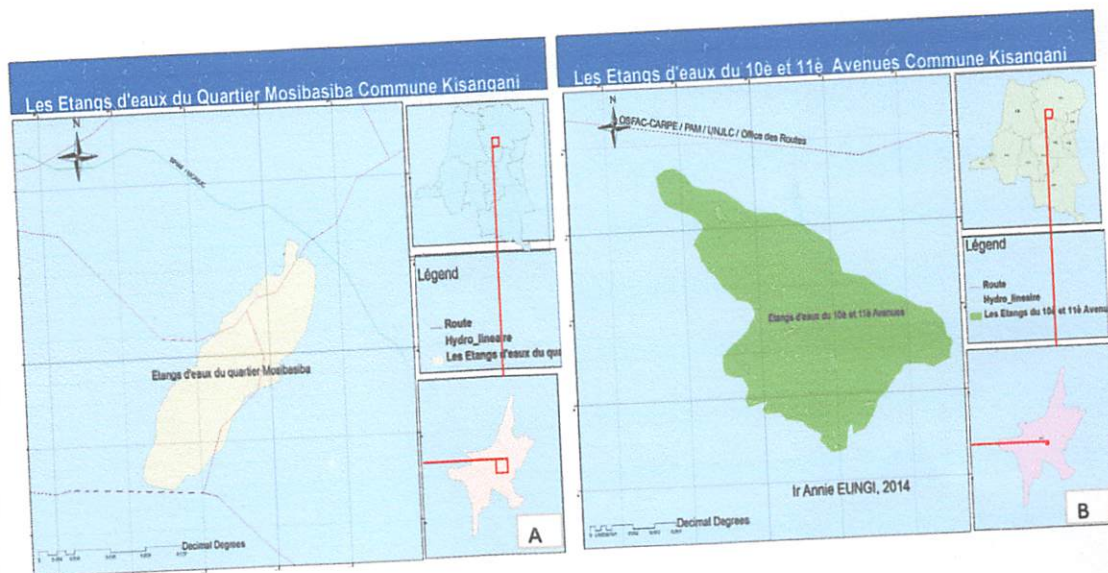


Figure 8. Commune Kisangani et ses étangs d'eaux. Echelle : 1 : 12535.

Cette figure indique comme la figure 4 les endroits où se trouvent les étangs d'eaux dans la Commune Kisangani repertorié à l'aide de GPS après la descente sur terrain. Il ressort de cette carte de la Commune Kisangani qu'après la descente sur terrain on a remarqué que ladite Commune comporte des zones permanentement inondables avec la présence d'une agglomération d'étangs d'eaux d'environ six places (quartier kongakonga I et II, avenue walikale I et II, une agglomération sur 10è et 11è avenues au quartier Mosibasiba, sur 13è avenues) avec une superficie de 17,62 km² environ 120 km² sur 636 km² de la totalité de la Commune. Signalons que la commune Kisangani a une densité de 12298 m² avec 7 m² de la surface totale.

4.1.1.4. Les figures 9 et 10 illustrent les étangs d'eaux se trouvant sur la 13^e avenue/quartier Mosibasiba et sur 10^e et 11^e Avenues Commune Kisangani.



Figures 9 ;10. Les étangs d'eaux sur la 13^e avenue/Quartier mosibasiba et du 10^e et 11^e Avenues commune Kisangani. Echelle : 1 : 1149

Il ressort de l'image A une agglomération des étangs d'eaux se trouvant sur la 13^e avenue quartier Mosibasiba, commune Kisangani avec une superficie d'environ 33km² au totale, Comme les autres ; ces étangs ont été repertoriés à l'aide de GPS toujours digitalisés dans le logiciel QGIS puis géoreférencé sur Arcmap et la figure B montre l'agglomération d'étangs d'eaux se trouvant sur 10^e et 11^e avenues avec une superficie de 44km² sur la totalité de celle de la commune.

4.1.1.5. Les figures 11,12. Illustrent les étangs d'eaux se trouvant au quartier kongakongal et Koongakongall dans la Commune Kisangani.

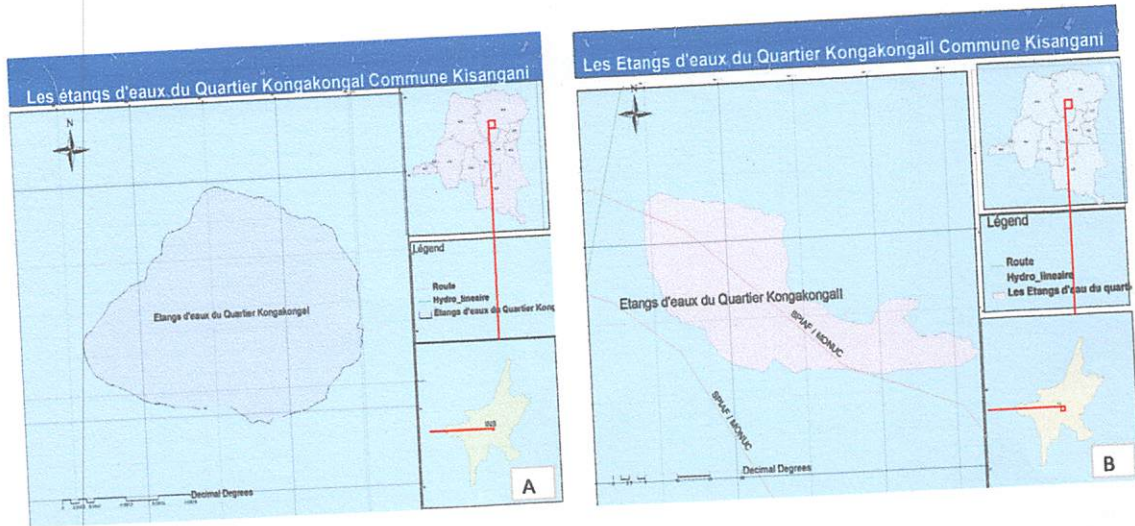
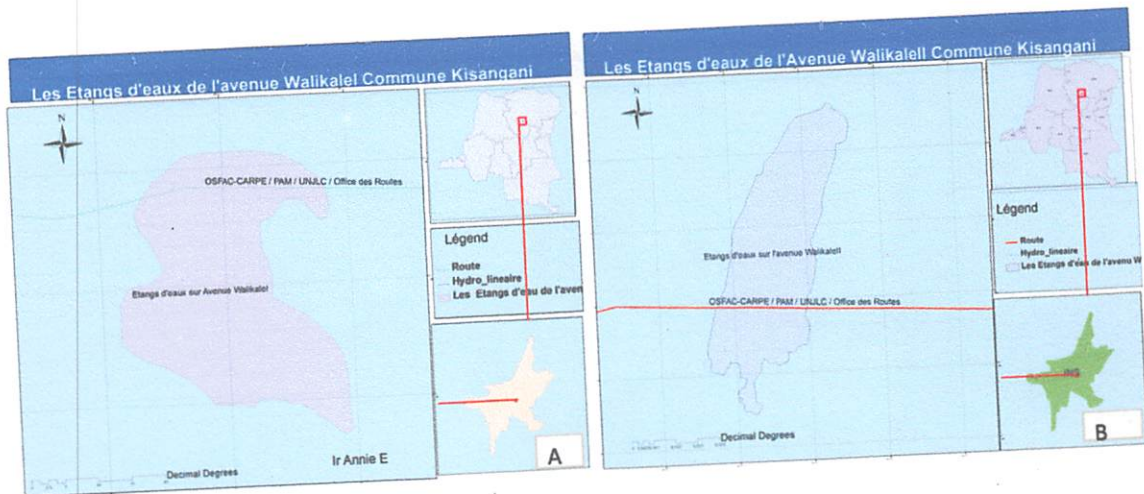


Figure 11 et 12. Les étangs d'eaux sur les quartiers kongakongal et Kongakongall Commune Kisangani. Echelle : 1 : 524, 1 : 873.

La lecture de l'image A nous montre l'occupation des étangs d'eaux au sein du quartier kongakongal dans la Commune Kisangani qui occupe une espace de 8km^2 sur la superficie totale de la commune et l'image B regorge l'agglomération des étangs d'eaux se trouvant sur l'autre partie du quartier kongakonga dont nous les avons nommés kongakongall elle occupe une espace d'environ 20Km^2 de la superficie sur celle totale de la commune. Les deux figures à droite indique leur emplacement par rapport à la ville de Kisangani et à la commune Kisangani, ce toujours la meme indication pour toute autre figure.

4.1.1.6. Les figures 13,14. illustrent les étangs d'eaux sur l'avenue walikale I et II Commune Kisangani.



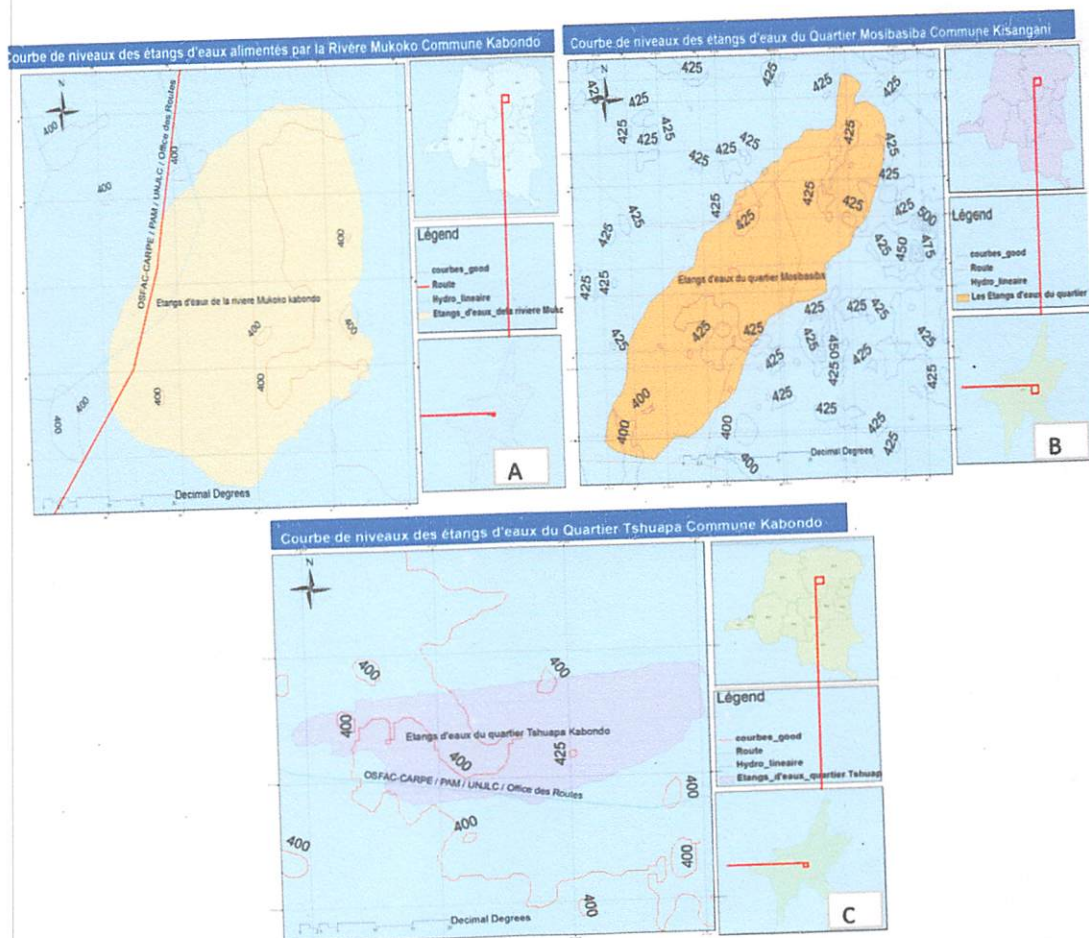
Figures 13 et 14. Les étangs d'eaux de l'avenue walikale I et II commune kisangani. Echelle : 1 : 346 1 et 34830.

Il ressort de cette figure A une assemblage d'étangs d'eaux sur l'avenue walikaleI dans la commune kisangani avec une superficie de 6km² de son occupation et la figure B indique les étangs d'eaux se trouvant dans l'autre côté de l'avenue walikale renommé walikaleII, ayant une superficie de 9km² de l'espace occupée. Toutes ces cartes ont été digitalisées sur QGIS en créant des shapes qui sont en suite transférés sur ArcGis pour les visualiser .

4.1.2. Présentation des Courbes de niveaux des étangs d'eaux des Communes Kabondo et Kisangani.

4.1.2.1. Les figures 15,16 et 17. Illustrent les courbes de niveaux des étangs

d'eaux alimentés par la rivière mukoko, étangs d'eaux sur 13^e Avenue Quartier MOSibasiba commune Kisangani et ceux de Quartier Tshuapa Commune Kabondo.



Figures 15, 16 et 17. Les courbes de niveaux des étangs d'eaux alimentés par la rivière mukoko Commune Kabondo, Etangs d'eaux du 13^e Avenue Quartier MOSibasiba commune Kisangani et ceux du Quartier Tshuapa Commune Kabondo.

4.1.3.présentation des Diagrammes de la pluviosité mensuelle de 1956 à 2008.

4 .1.3.1. Statistiques Descriptives des Precipitations Mensuelles Ville de Kisangani en 52 ans Source Eungi Ir2Unikis 2014

| | N | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|----------|----------------|
| JanvPluies | 52 | 13.80 | 182.60 | 81.0442 | 45.54183 |
| FevPluies | 52 | 20.80 | 196.30 | 97.1000 | 42.15289 |
| MarsPluies | 52 | 46.30 | 299.30 | 1.4106E2 | 56.10866 |
| AvrilPluies | 52 | 60.50 | 315.10 | 1.8282E2 | 58.40811 |
| MaiPluies | 52 | 81.10 | 311.00 | 1.6433E2 | 53.06103 |
| JuinPluies | 52 | 39.60 | 302.00 | 1.1852E2 | 53.60688 |
| JullPluies | 52 | 46.70 | 234.00 | 1.1003E2 | 38.82213 |
| AoutPluies | 52 | 44.40 | 286.00 | 1.4058E2 | 48.80039 |
| SeptPluies | 52 | 80.30 | 337.50 | 1.8099E2 | 58.63398 |
| OctPluies | 52 | 94.50 | 375.50 | 2.2264E2 | 59.35511 |
| NovPluies | 52 | 34.20 | 388.30 | 1.9479E2 | 66.86915 |
| DecPluies | 52 | 29.40 | 346.20 | 1.2898E2 | 65.42602 |
| Valid N (listwise) | 52 | | | | |

Tableux 1.Statistique descriptive des prescriptions mensuelles de ville de kisangani en 52ans.

Commentaire:

1. N = 52 ans des données pluviomensuelles de Kisangani 1956 -2008
2. Minimum, Maximum et Moyenne (Mean) en mmH₂O = LitreH₂O/m² de Janvier à Décembre sur 52ans
3. Janv =janvier, Fev = Février, Jull = Juillet, Sept = Septembre, Oct = Octobre, Nov= Novembre, Dec = Décembre et, Valid N Listwise = Nombre Totale N validé
4. Std.Deviation = Ecart Type
5. Pluviométrie mensuelle = Mean ± Ecart Type
6. Minimum = Valeur mensuelle la plus faible pendant 52 ans
7. Maximum = Valeur mensuelle la plus grande pendant 52 ans
8. Mean = 1.4106E2 = 1,4106 x 100 =141,06 par exemple

4.2.3.2. Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

Distance Euclidienne des precipitations de Kisangani/EUNGI IR2 UNIKIS2014

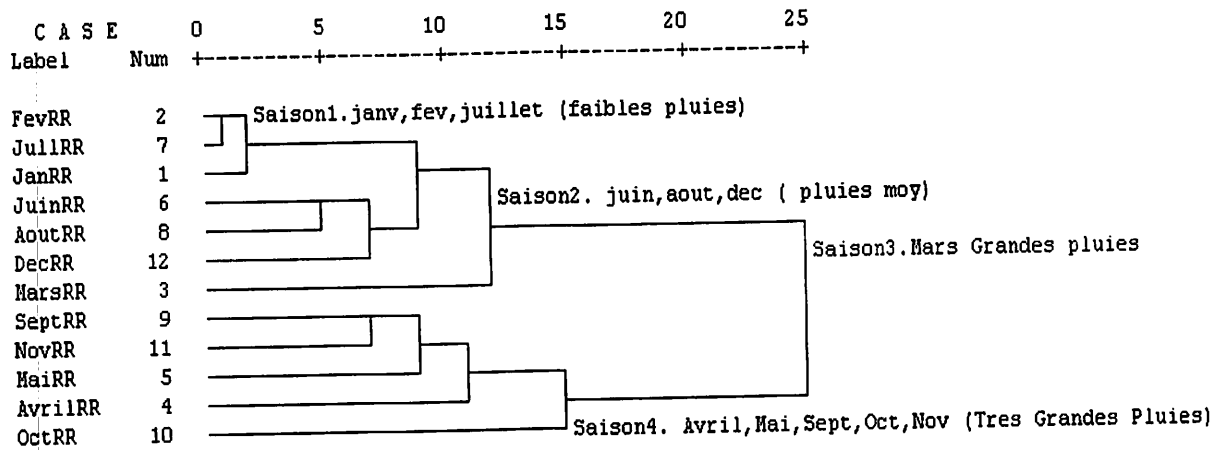


Figure 18. Distance Euclidienne des précipitations mensuelles de Kisangani/EUNGI ir2 UNIKIS 2014

Commentaire:

1. la pluviométrie de Février et de juillet sont proche sur une faible échelle de 1/25 alors que Janvier et février sont proche de l'ordre de 2/25
2. Kisangani est caractérisé par une seule saison pluvieuse annuelle subdivisée en quatre groupes des petites saisons : saison1 (Janvier, Février, Juillet) ; saison2 (Juin, Aout, Décembre) ; saison3 (Mars) ; saison4 (Avril, Mai, Septembre, Octobre, Novembre)
3. Mars, Juin, et Octobre sont des mois difficiles à prédire à partir des autres (voir modèle ANOVA plus loin

4.1.3.3 Component Plot Source Eungi Ir2 Unikis2014

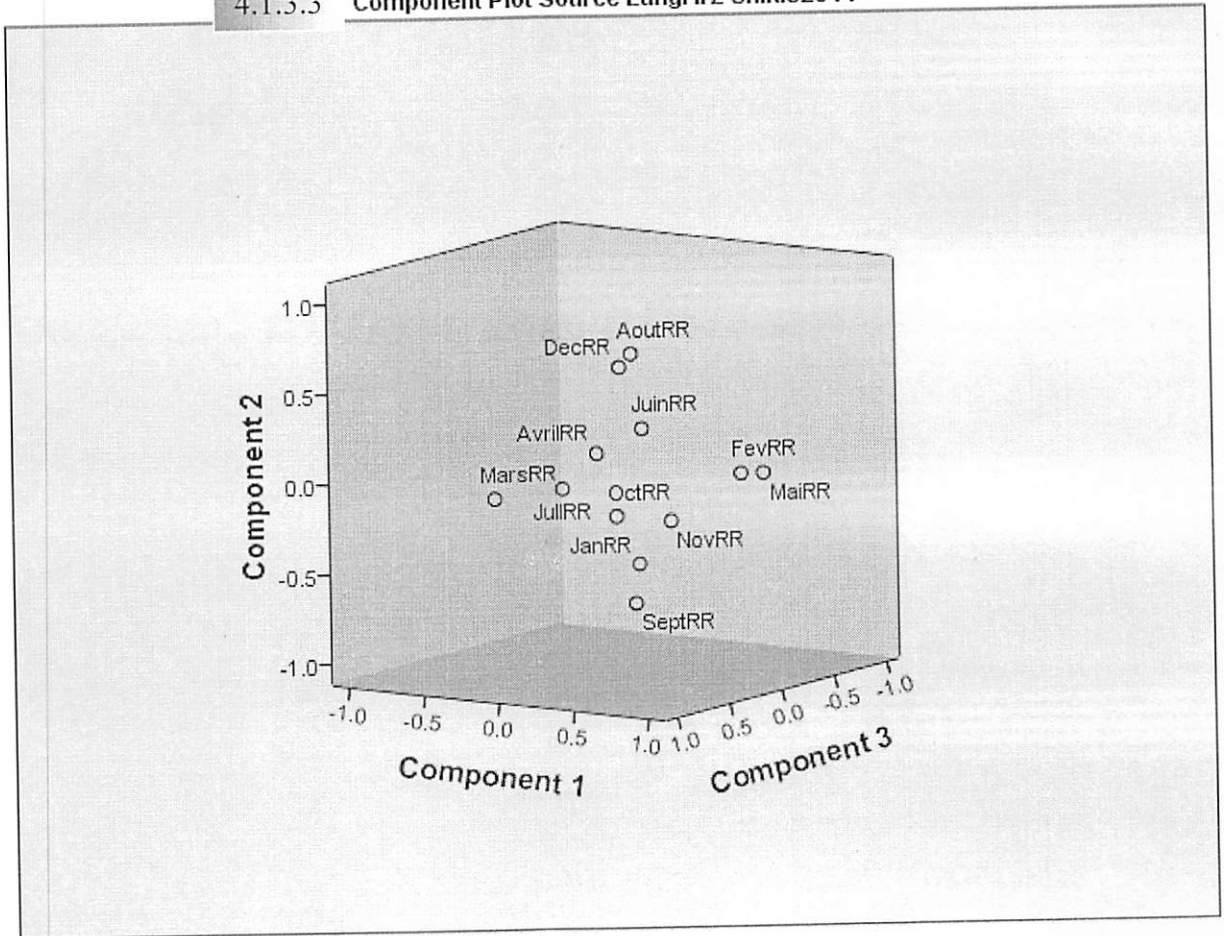


Figure 19.Component plot source EUNGI,2014

Commentaire :

1. Analyse en Composantes Principales = Representation Spatiale du Dendrogramme, soit des distances euclidiennes entre les mois pluviométriques
2. en dépit du mois de mars qui se décale de la modélisation, la pluviométrie à Kisangani, se recoupe sur trois grands axes (Component 1,2,3)

4.1.3 .4.Prévisions Numeriques des pluies à Kisangani

Calculer par des équations de régression ANOVA, les quantités d'eaux des pluies probables à recueillir les mois prochains connaissant les valeurs in situ des mois récents les plus proches selon les corrélations graphiques suivantes :

1. Janvier et Décembre

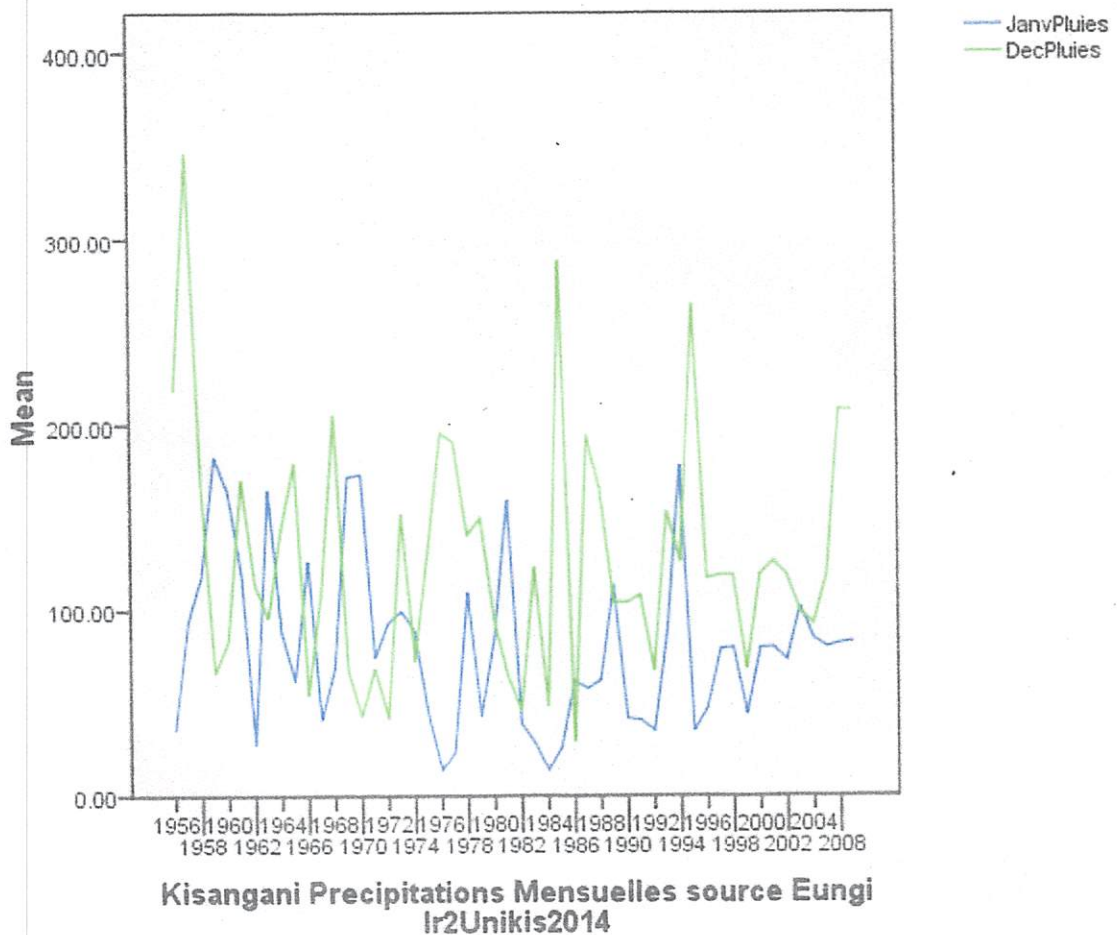


Figure 20. Kisangani Precipitations Mensuelles des mois de Janvier et Decembre. Source Eungi Ir2 UNIKIS 2014

4.1.3.5. Nuage de point de corrélation entre Janvier et Decembre, modèle cubique.

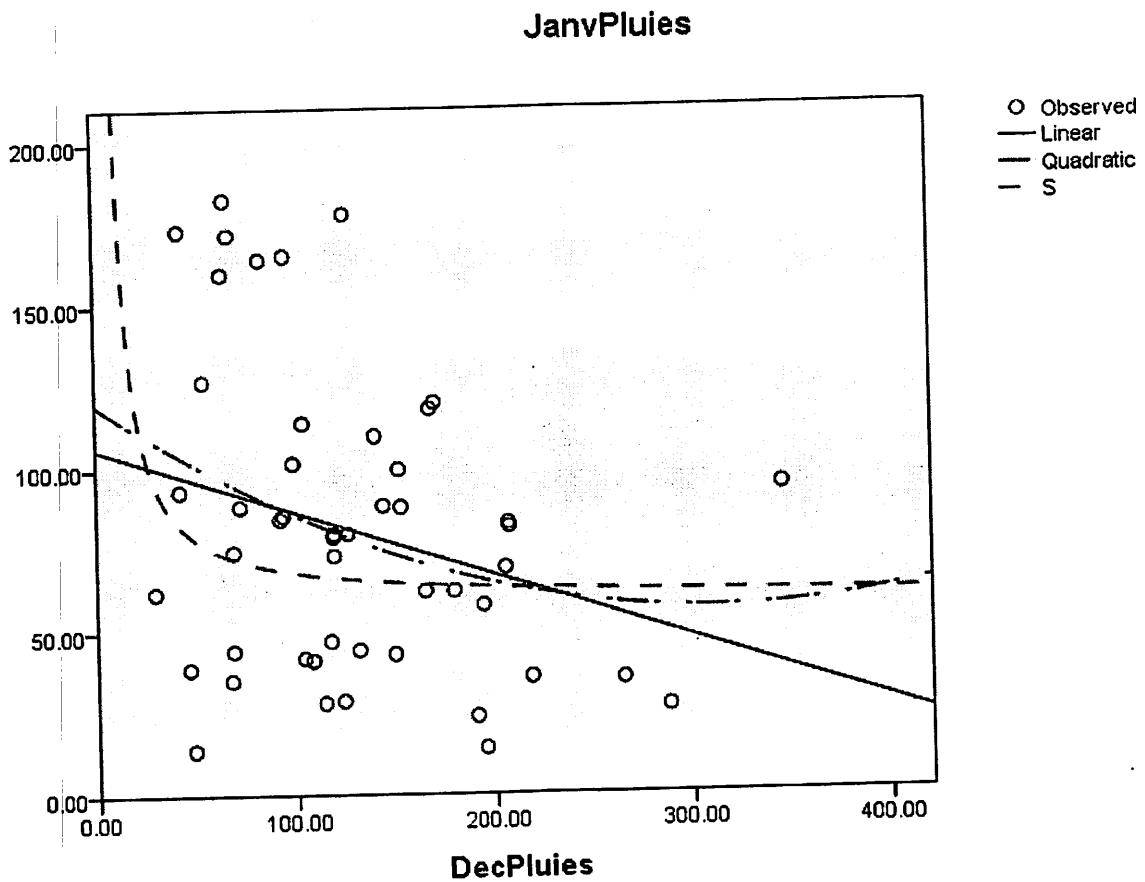


Figure 21. Nuage de point de corrélation entre Janvier et Decembre, modèle cubique.

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|------|
| | | B | Std. Error | |
| 1 | (Constant) | 106.152 | 13.642 | .000 |
| | DecPluies | -.195 | .095 | .045 |

a. Dependent Variable: JanvPluies

Tableau 2. Le Modèle d'ANOVA sous SPSS 16.0 des prévisions numériques des pluies en janvier.

Nos prévisions numériques des pluies en janvier, d'après le modèle ANOVA sous SPSS 16.0 :

$$\text{JanvPluies} = 106.152 - 0.195 \times \text{DecPluies}, \text{ en mm d'eau}$$

Tableau 3.Prévision Numériques des pluies en Décembre

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|------|
| | | B | Std. Error | |
| 1 | (Constant) | 161.541 | 18.092 | .000 |
| | JanvPluies | -.402 | .195 | .045 |

a. Dependent Variable: DecPluies

Nos prévisions numériques des pluies en Décembre, d'après le modèle ANOVA sous SPSS 16.0 :

$$\text{DecPluies} = 161.541 - 0.402 \times \text{JanPluies}, \text{ en mm d'eau ;}$$

4.1.3.6. Superposition des mois à pluviométrie mensuelle proche.

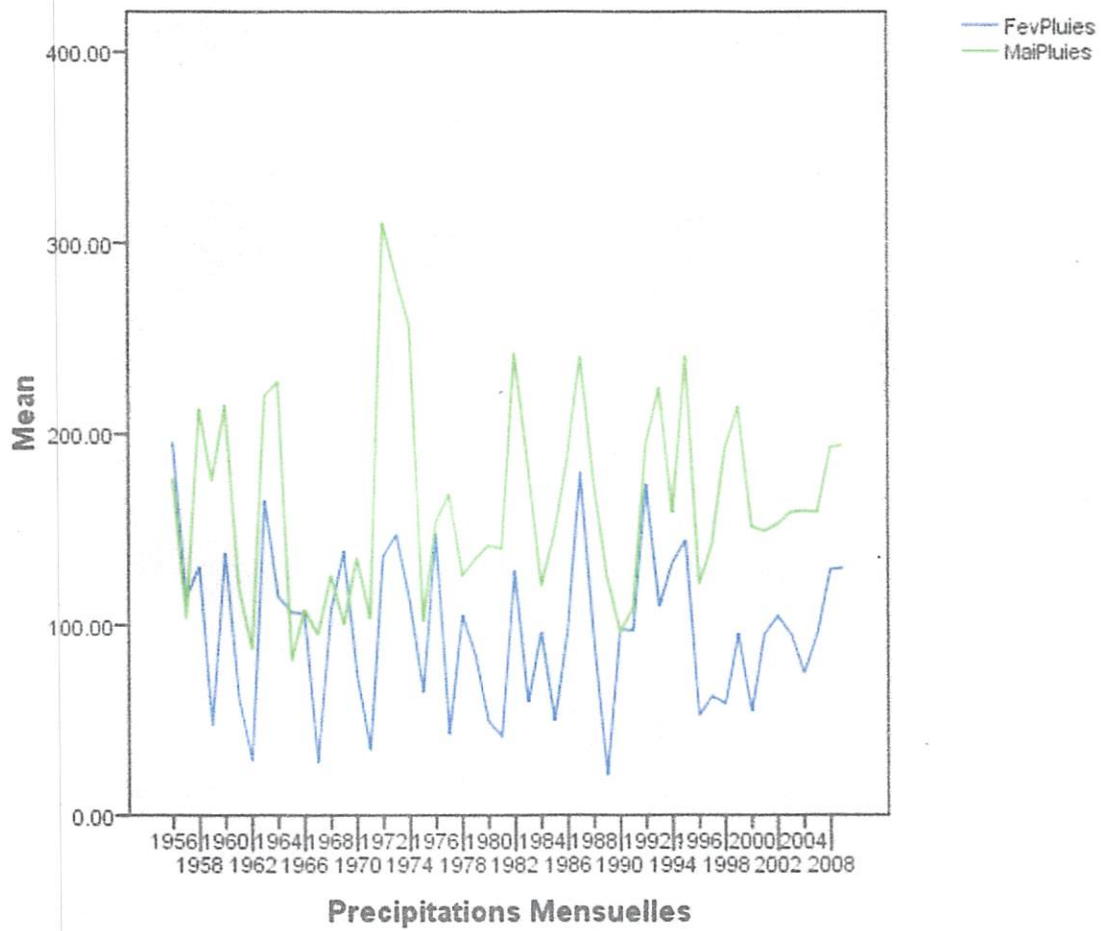


Figure22 .Illustre les précipitations mensuelles en superposition des mois de Février et de Mai

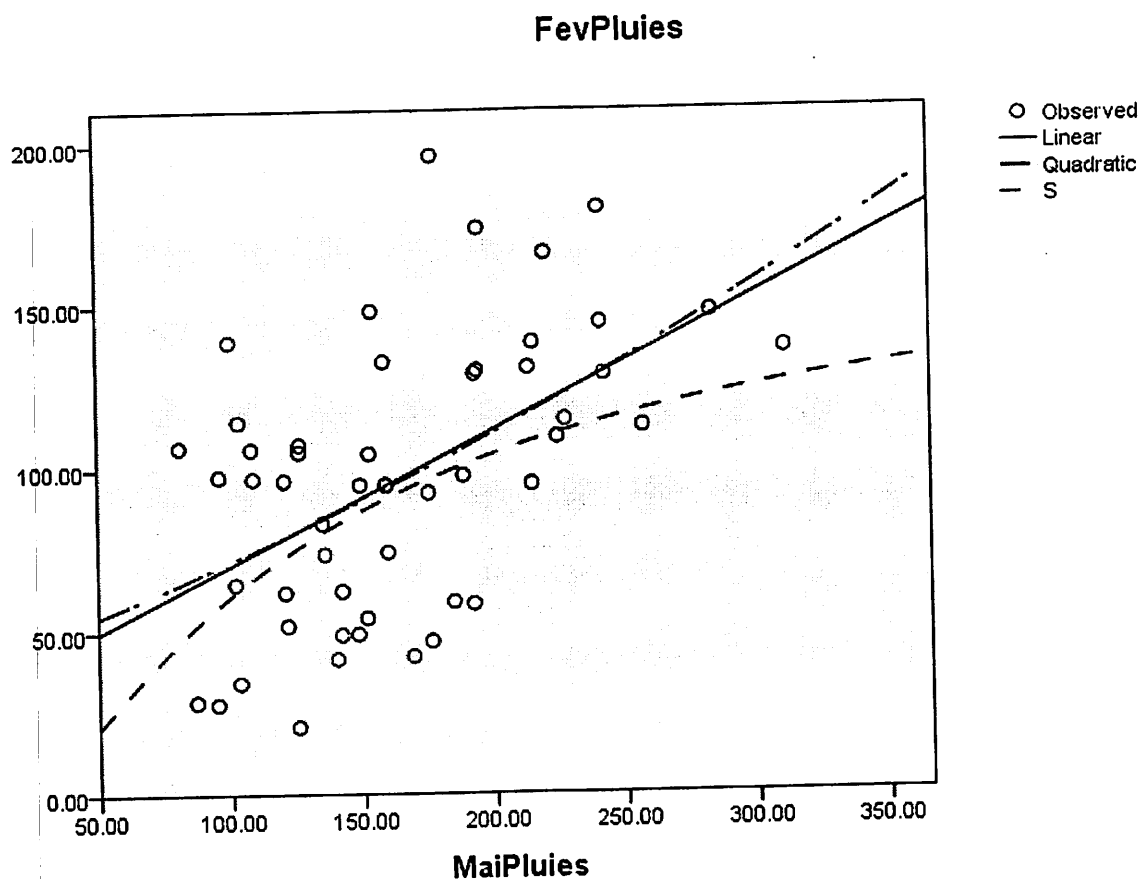


Figure 23. Nuage des points de corrélation entre Février et Mai.

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|------|
| | | B | Std. Error | |
| 1 | (Constant) | 29.116 | 16.547 | .085 |
| | MaiPluies | .414 | .096 | .000 |

a. Dependent Variable: FevPluies

Tableau 4. Prévisions numériques des pluies en Février

Nos prévisions numériques des pluies en Février, d'après le modèle ANOVA sous SPSS

16.0 :

$$\text{FevPluies} = 29.116 + 0.414 \times \text{MaiPluies}, \text{ en mm d'eau ;}$$

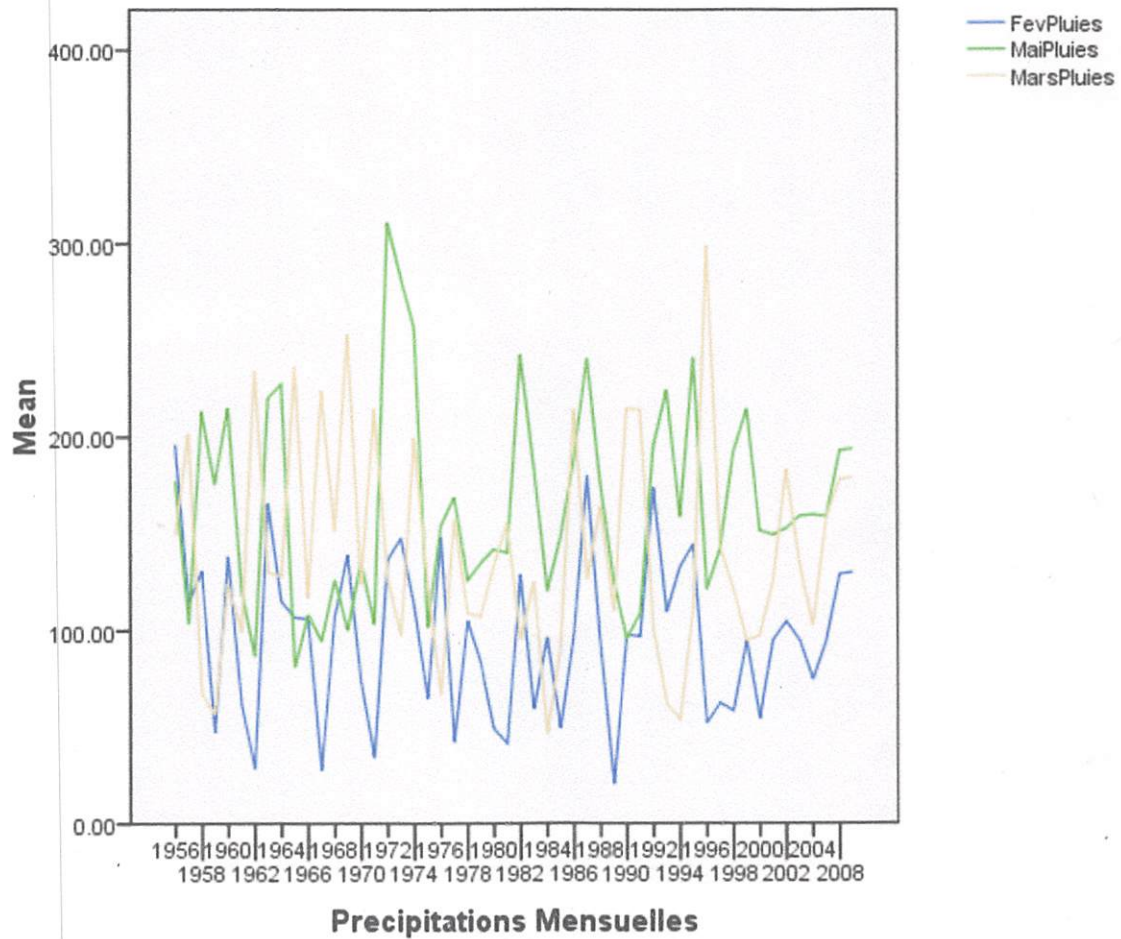


Figure 24. Illustre la précipitation mensuelle des mois de Février, Mars et Mai.

Tableau 5. Prévisions numériques des pluies en Février

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|------|
| | | B | Std. Error | |
| 1 | (Constant) | 100.677 | 16.063 | .000 |
| | FevPluies | .656 | .152 | .000 |
| 2 | (Constant) | 147.752 | 23.418 | .000 |
| | FevPluies | .591 | .146 | .000 |
| | MarsPluies | -.289 | .109 | .011 |

a. Dependent Variable: MaiPluies

Nos prévisions numériques des pluies en Février, d'après le modèle ANOVA sous SPSS

16.0 :

Selon le modèle1 : $\text{MaiPluies} = 100.677 + 0.656 \times \text{FevPluies}$, en mm d'eau ;

Selon le modèle2 : $\text{MaiPluies} = 147.752 + 0.5916 \times \text{FevPluies} - 0.289 \times \text{marsPluies}$, en mm d'eau ;

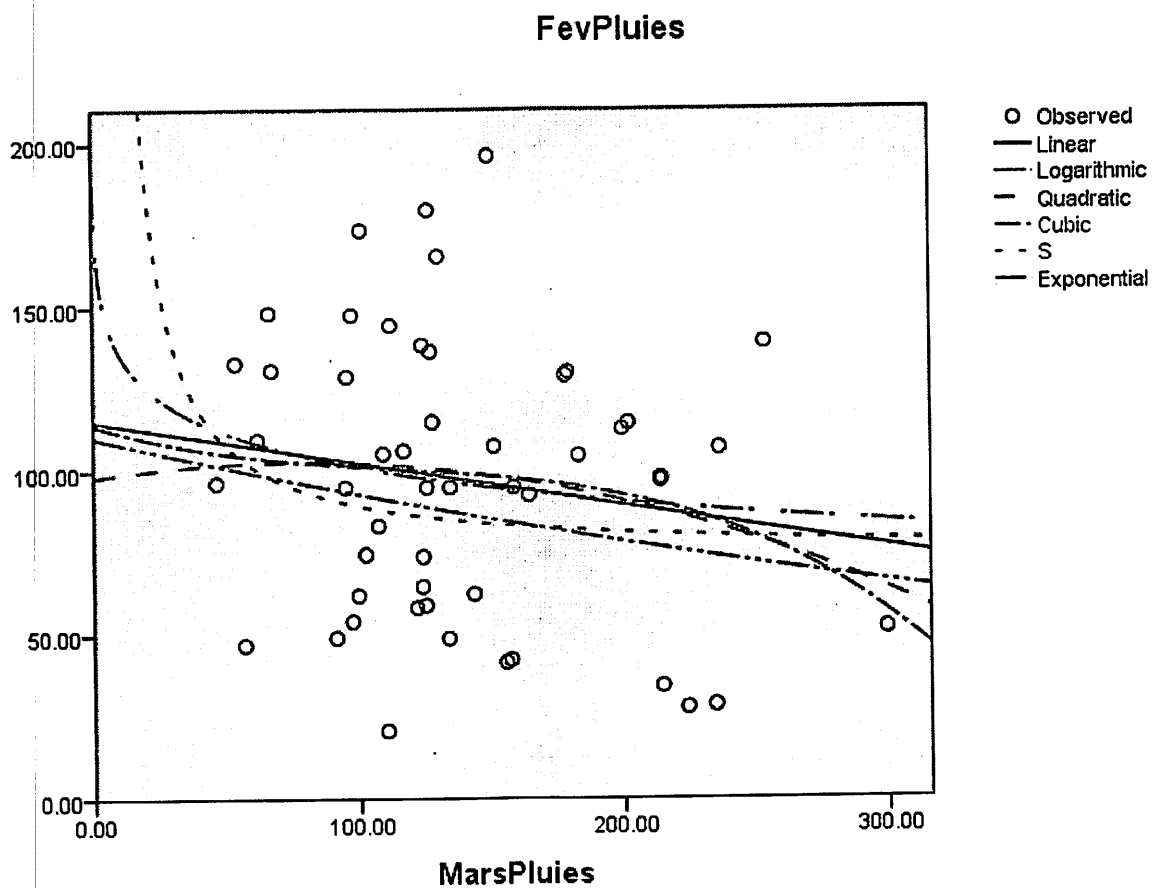


Figure 25. Illustre le nuage des points de corrélation entre Février et Mars.

Pas Plus facile de rapprocher le mois pluviométrique de Mars du mois de Février

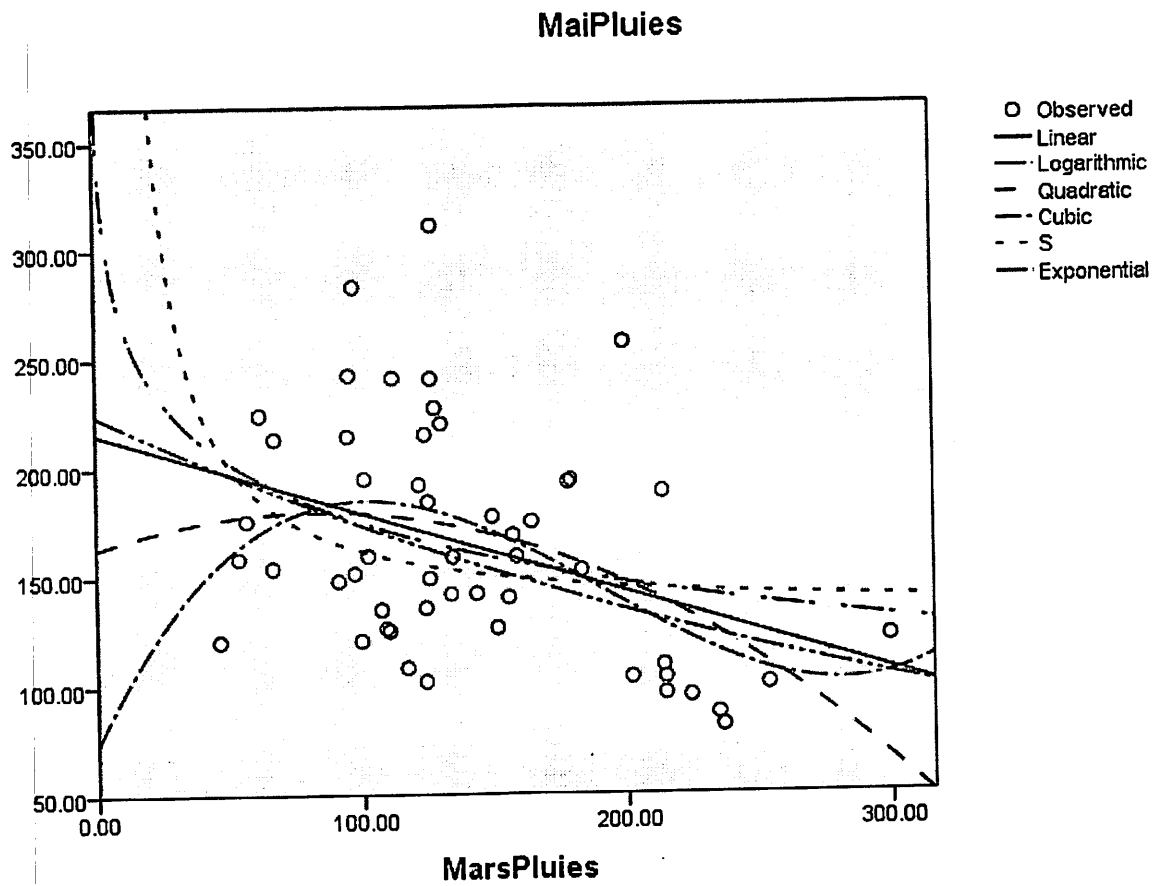


Figure 26. Illustre le nuage des points de corrélation entre les mois de Mai et de Mars, modèle cubique.

Il est plus facile de rapprocher le mois pluviométrique de Mars du mois de Mai proche précédent, selon le modèle logarithmique ANOVA ci après :

Tableau 6.Prévision numérique des pluies en Mai, modèle logarithmétique.**Coefficients**

| | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|------|
| | B | Std. Error | |
| MarsPluies | -.003 | .001 | .001 |
| (Constant) | 224.170 | 24.710 | .000 |

The dependent variable is ln(MaiPluies) = ?

Log (MaiPluies) = 224, 17 – 0,03 x MarsPluies .

En outre, le modèle ANOVA linéaire multi varié du mois de Mars en fonction des mois de mai , d'avril et de juillet proches précédents, est le meilleur selon les graphes et équations:

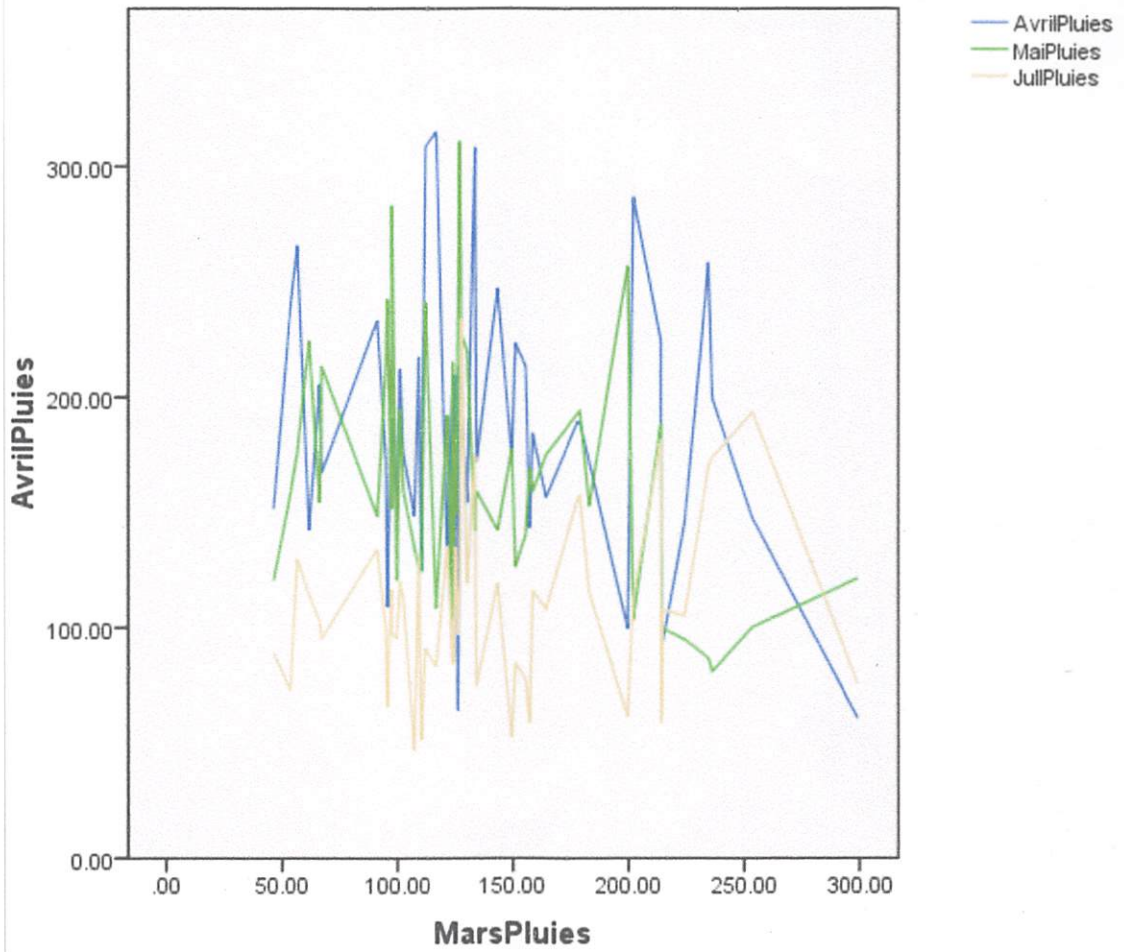


Figure 27. Illustre la précipitation mensuelle des mois d'Avril, Mai et juillet.

Tableau 7. Prévisions numériques des pluies en Mars**Coefficients^a**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|-------|--------------|-----------------------------|------------|------|
| | | B | Std. Error | |
| 1 | (Constant) | 207.925 | 23.814 | .000 |
| | MaiPluies | -.407 | .138 | .005 |
| 2 | (Constant) | 259.631 | 32.997 | .000 |
| | MaiPluies | -.427 | .133 | .002 |
| | AvrilPluies | -.265 | .121 | .034 |
| 3 | (Constant) | 225.836 | 33.183 | .000 |
| | Mai Pluies | -.437 | .125 | .001 |
| | Avril Pluies | -.375 | .120 | .003 |
| | Jull Pluies | .505 | .180 | .007 |

a. Dépendent Variable: Mars Pluies

Modele1: Mars Pluies=207,925 -0,407xMai

Modele2: Mars Pluies=259,631 -0,427xMaiPluies-0,265x
Avril Pluies

Modele3: Mars Pluies = 225,836 +0,505xJuillet – 0,437xMai – 0,375xAvri

Tableau 8.Prévisions numériques des pluies en Avril.

Coefficients^a

| Model | Unstandardized Coefficients | | Sig. | |
|-------|-----------------------------|------------|--------|------|
| | B | Std. Error | | |
| 1 | (Constant) | 128.516 | 23.426 | .000 |
| | JullPluies | .494 | .201 | .018 |
| 2 | (Constant) | 165.568 | 26.415 | .000 |
| | JullPluies | .605 | .195 | .003 |
| | Mars Pluies | -.350 | .135 | .013 |

a. Dépendent Variable: Avril Pluies

Modele1: Mars Pluies = $128,516 + 0,494 \times \text{JuilletPluies}$

Modele2: Mars Pluies = $165,568 + 0,605 \times \text{JuilletPluies} - 0,350 \times \text{MarsPluies}$

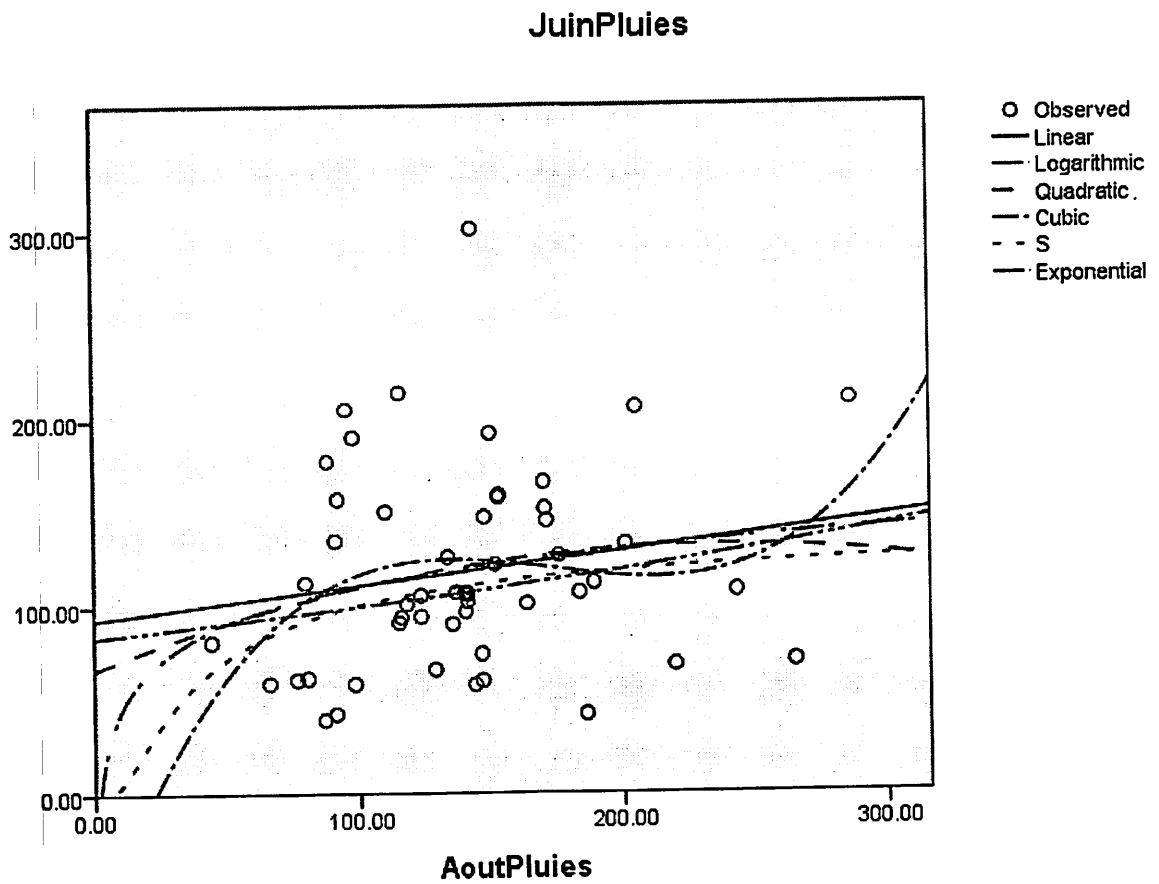


Figure 28. Illustre le nuage des points de corrélation entre Juin et Aout, modèle cubique

Tableau 9. Prévisions numériques des pluies en Juin.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|----------------|-----------------------------|------------|------|
| | B | Std. Error | |
| 1 / AoutPluies | -33.621 | 19.321 | .088 |
| (Constant) | 4.947 | .168 | .000 |

The dependent variable is ln(Juin Pluies).

Model 1: $\text{Log}(\text{Juin Pluies}) = 4,947 - 33,621 \times \text{AoutPluies}$

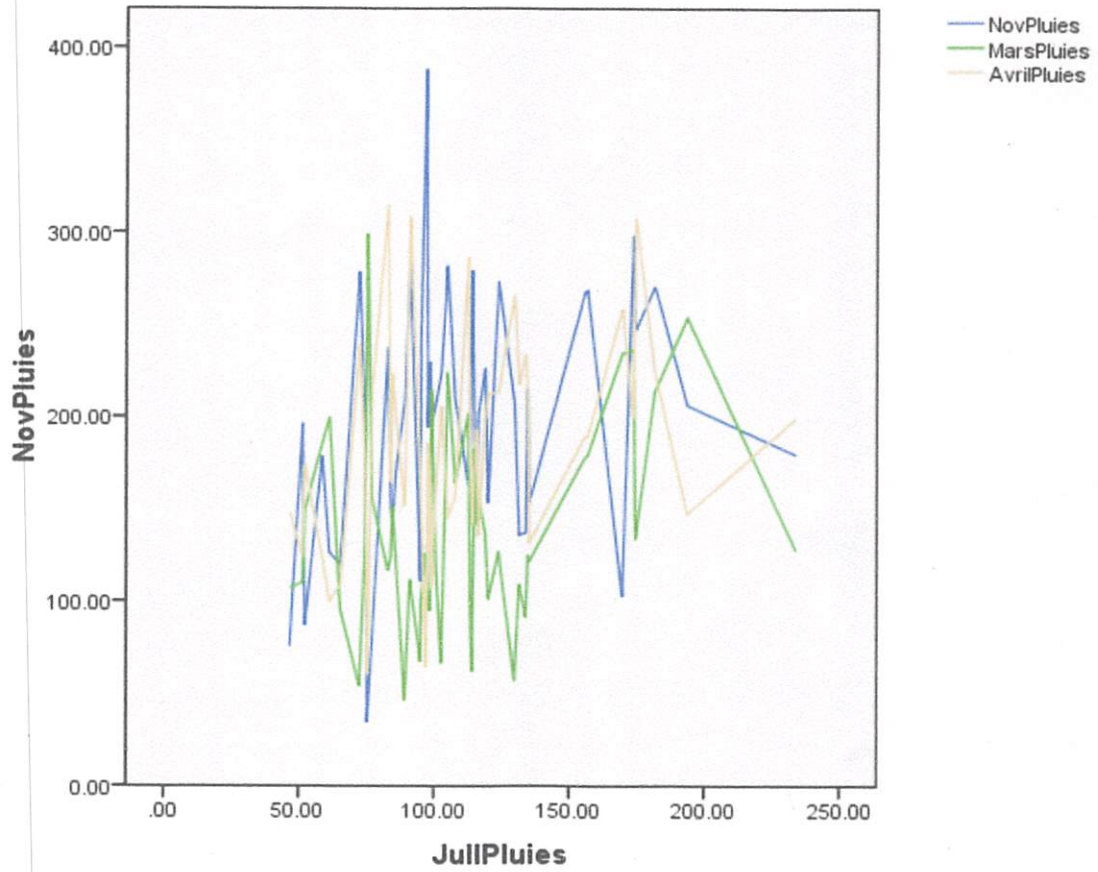


Figure 29. *Illustre la précipitation mensuelle des mois de Mars, Avril et Novembre.*

Tableau 10.Prévision numérique des pluies en Juillet.**Coefficients^a**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|-------|--------------|-----------------------------|------------|------|
| | | B | Std. Error | |
| 1 | (Constant) | 70.168 | 17.027 | .000 |
| | Avril Pluies | .218 | .089 | .018 |
| 2 | (Constant) | 29.184 | 23.354 | .217 |
| | Avril Pluies | .271 | .087 | .003 |
| | Mars Pluies | .222 | .091 | .018 |
| 3 | (Constant) | -5.082 | 26.290 | .848 |
| | Avril Pluies | .253 | .084 | .004 |
| | Mars Pluies | .246 | .087 | .007 |
| | Nov Pluies | .175 | .071 | .018 |

a. Dependent Variable : Juill Pluie

Modele1:JuilletPluies=70.168 +0,218xAvrilpluies

Modele2:JuilletPluies=29,184+0,271xAvrilPluies+0,222xMarsPluies

Modele3:JuilletPluies= -5,082 +0,253xAvrilPluies +0,246xMarsPluies+0,175xNovembre

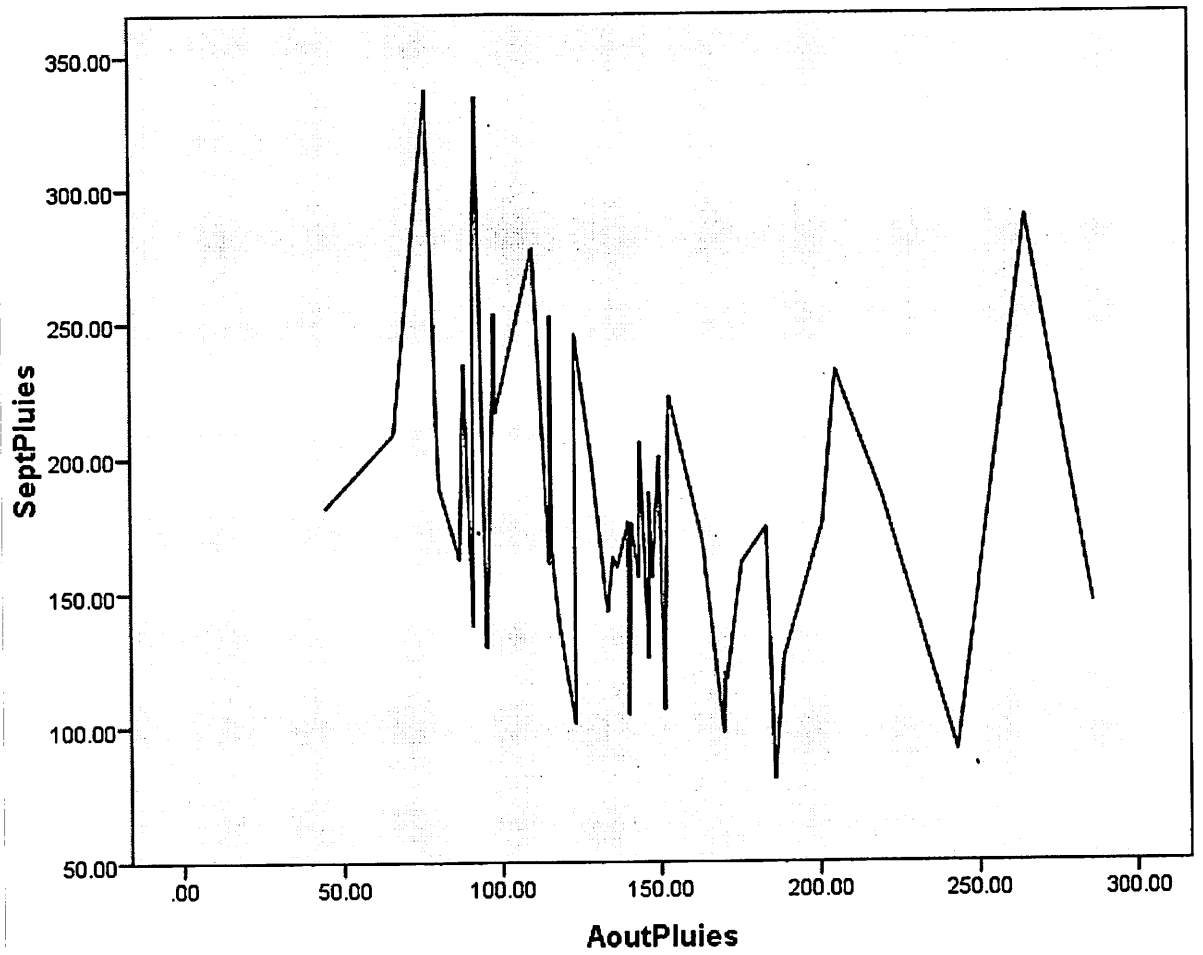


Figure 30. Précipitation mensuelle entre les mois d'Aout et de Septembre.

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|------|
| | | B | Std. Error | |
| 1 | (Constant) | 185.015 | 21.377 | .000 |
| | SeptPluies | -.246 | .112 | .034 |

a. Dependent Variable: AoutPluies

Tableau 11.Prévision numériques des pluies

en Aout.

Model1: AoutPluies=185,015 -0,246xSeptembrePluies

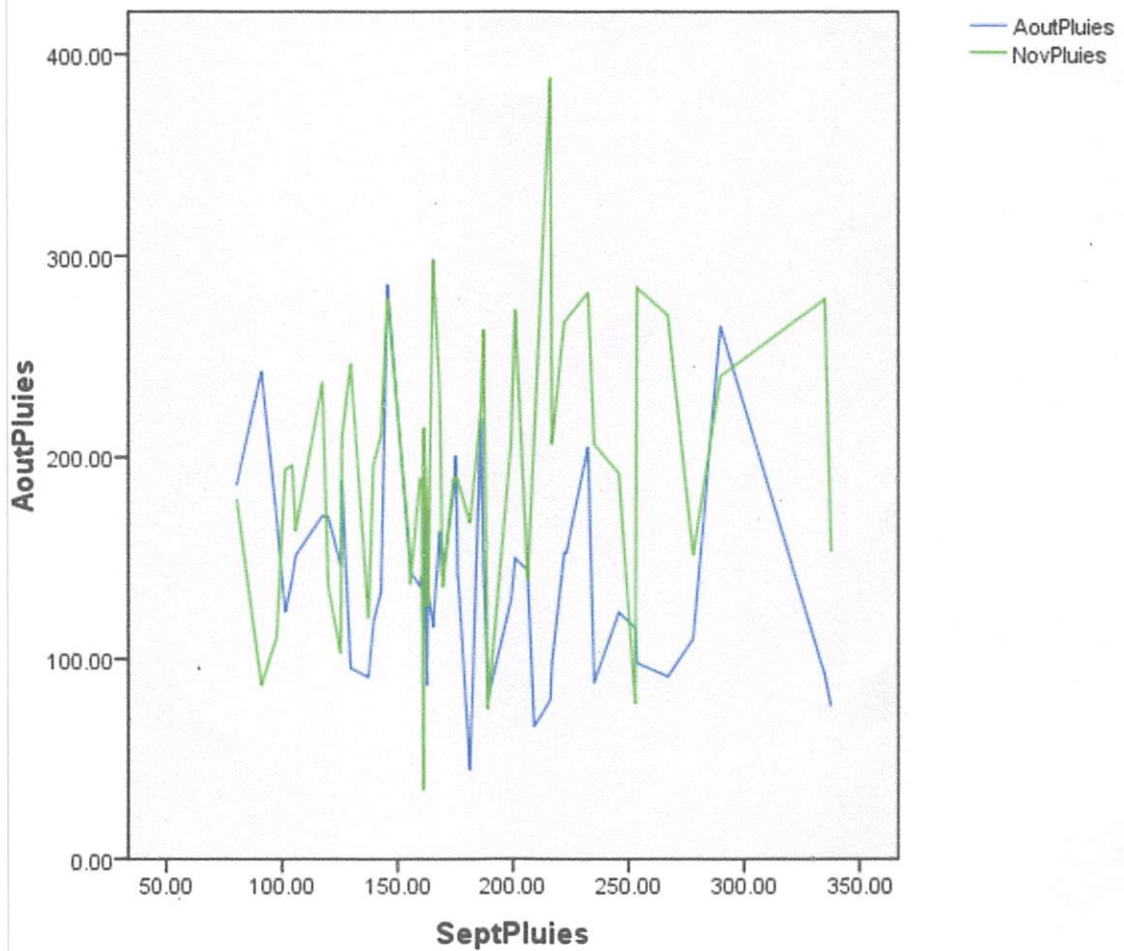


Figure 31.Précipitation mensuelle des mois d'Aout et de Novembre

Tableau 12.Prévisions numériques des pluies en septembre

Coefficients^a

| Model | Unstandardized Coefficients | | Sig. | |
|-------|-----------------------------|------------|--------|------|
| | B | Std. Error | | |
| 1 | (Constant) | 230.817 | 24.134 | .000 |
| | AoutPluies | -.354 | .162 | .034 |
| 2 | (Constant) | 180.409 | 31.014 | .000 |
| | AoutPluies | -.377 | .155 | .019 |
| | NovPluies | .275 | .113 | .019 |

a. Dependent Variable: SeptPluies

Modele1:SeptPluies=230,817-0,354xAoutPluies

Modele2:SeptPluies=180,409 +0,275 x NovPluies -0,377x
AoutPluies

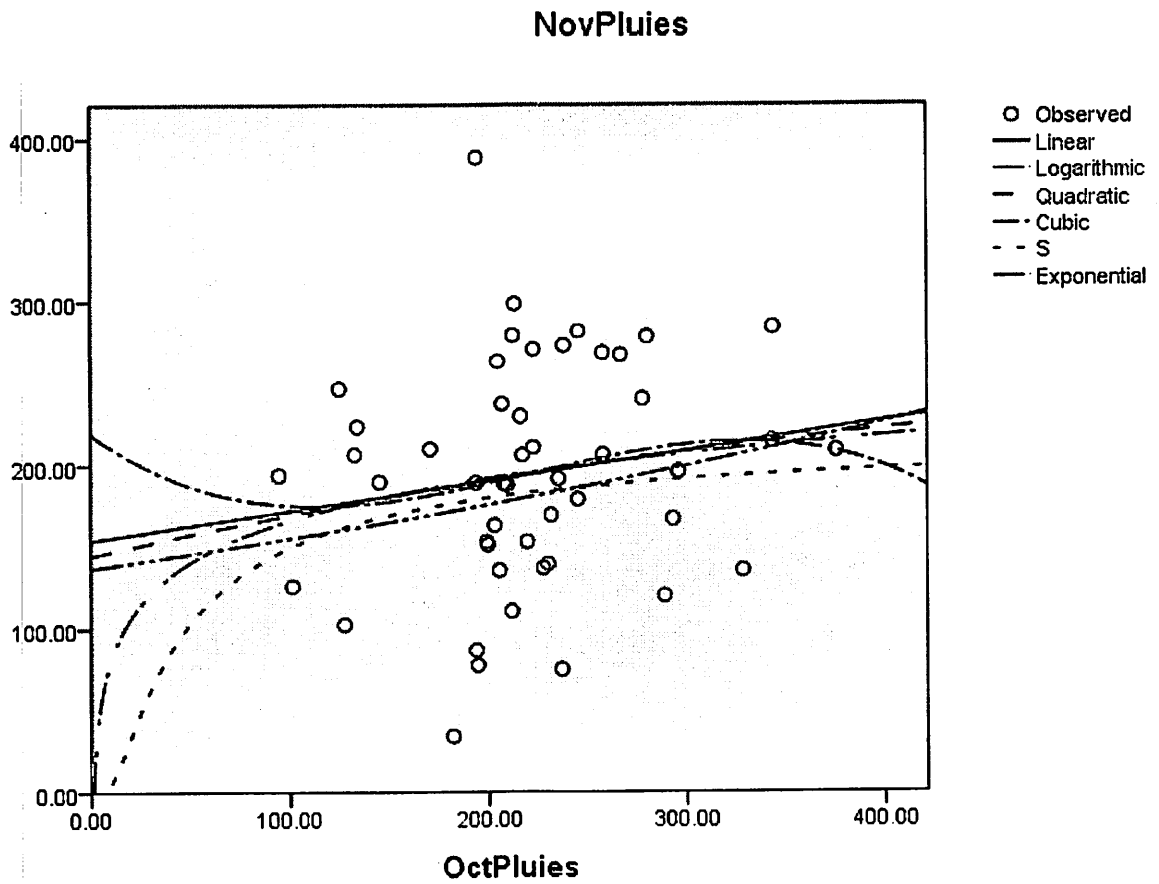


Figure 32. Illustre le nuage des points de corrélation entre Novembre et Octobre.

Tableau 13.Prévisions numériques des pluies en Novembre

| | Coefficients | | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|------|
| | Unstandardized Coefficients | | |
| | B | Std. Error | |
| OctPluies | .001 | .001 | .209 |
| (Constant) | 137.072 | 31.083 | .000 |

The dependent variable is ln(NovPluies).

$$\text{Modele1:NovPluies}=137,072 + 0,001 \text{ OctPluies}$$

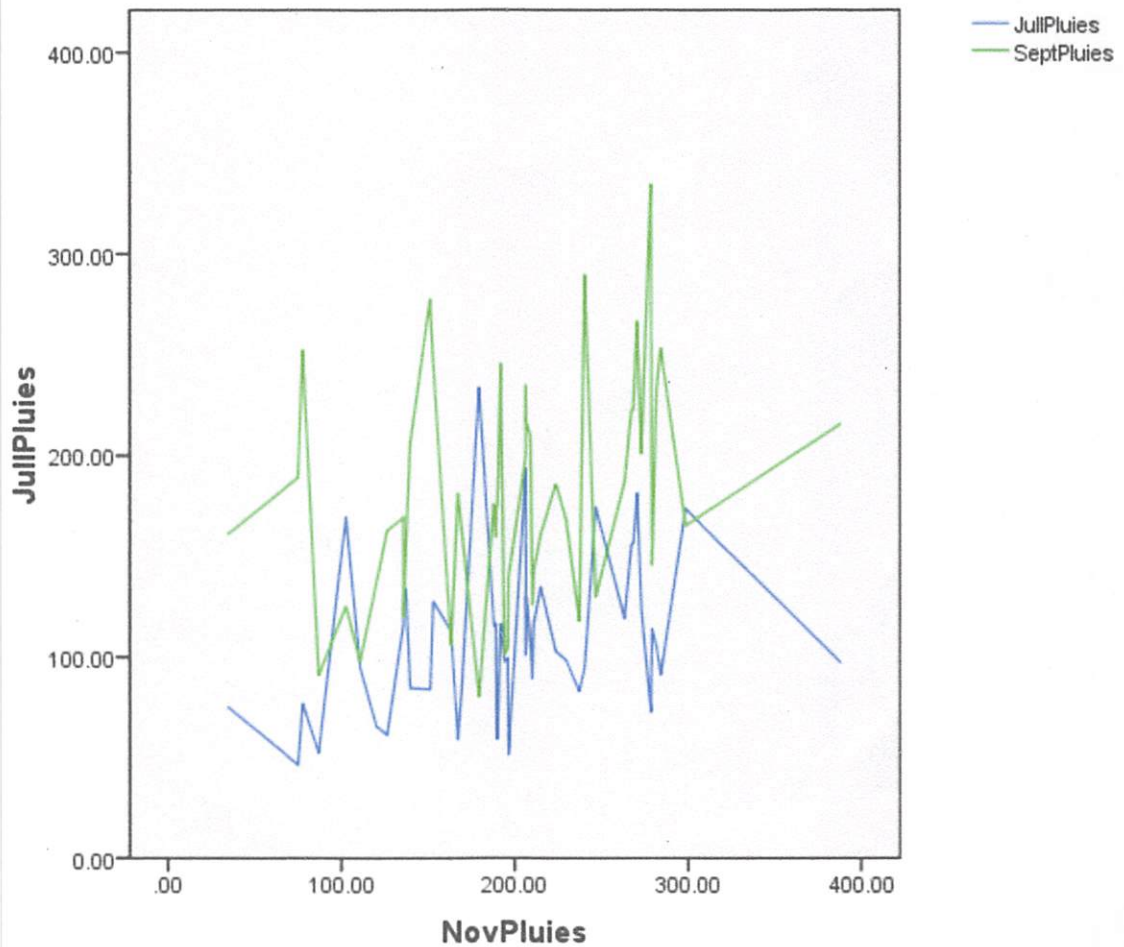
**Figure 33.**Précipitation mensuelle des mois de Juillet et de Septembre

Tableau 14.Prévisions numériques des pluies en Novembre

| Model | | Coefficients ^a | | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|------|
| | | Unstandardized Coefficients | | |
| | | B | Std. Error | |
| 1 | (Constant) | 138.679 | 27.118 | .000 |
| | JullPluies | .510 | .233 | .033 |
| 2 | (Constant) | 69.733 | 38.285 | .075 |
| | JullPluies | .545 | .222 | .018 |
| | SeptPluies | .360 | .147 | .018 |

a. Dépendent Variable: NovPluies

Modele1: $\text{NovPluies} = 138,679 + 0,510 \times \text{JuilletPluies}$

Modele2: $\text{NovPluies} = 69,733 + 0,545 \times \text{JuilletPluies} + 0,360 \times \text{SeptPluies}$

4.2. DISCUSSION DES RESULTATS

4.2.1. Capacité mensuelle de rétention en eau des pluies.

4.2.1. 1. Etangs d'eaux du quartier Tshuapa Commune Kabondo (cfr figure 9).

Means en litre/m² ; Volume journalier=Surface x Means

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télédétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre) |
|-----------|---|--|--------------------------|
| Janvier | 28459 | 81,0442 | 2306436,89 |
| Février | 28459 | 97,1000 | 2763368,9 |
| Mars | 28459 | 141,06 | 4014426,54 |
| Avril | 28459 | 182,82 | 5202874,38 |
| Mai | 28459 | 164,33 | 4676667,47 |
| Juin | 28459 | 118,52 | 3372960,68 |
| Juillet | 28459 | 110,03 | 3131343,77 |
| Aout | 28459 | 140,58 | 4000766,22 |
| Septembre | 28459 | 180,99 | 5150794,41 |
| Octobre | 28459 | 222,64 | 6336111,76 |
| Novembre | 28459 | 194,79 | 5543528,61 |
| Décembre | 28459 | 128,98 | 3670641,82 |
| Total | | | 46.155.495,1 litre/an |

Tableau 15. Le volume d'eaux des pluies dans les étangs du quartier Tshuapa Commune Kabondo. Il ressort de ce tableau que les étangs d'eaux du quartier Tshuapa contiennent 46.155.495,1 litre d'eaux par an

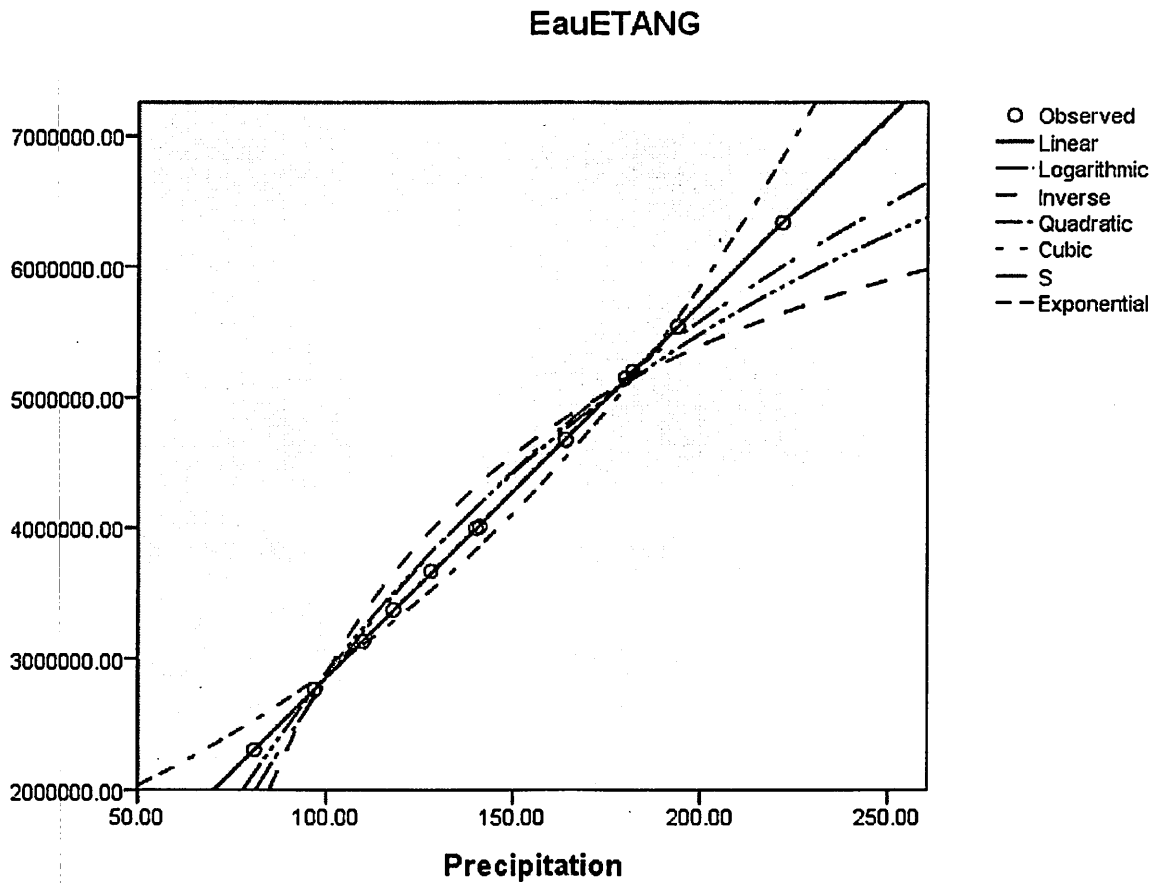


Figure 34. Graphique de relation entre les volumes d'eaux et la quantité des pluies tombées sur les étangs d'eaux du quartier tshuapa commune Kabondo. Modèle cubique.

Coefficients

| ETANG TSHUAPA | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | Sig. |
|------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|------|
| | B TSHUAPA | Std. Error | Beta TSHUAPA | |
| Precipitation | .007 | .000 | .989 | .000 |
| (Constant) | 1.431E6 | 72109.586 | | .000 |

Tableau 16. Equation de prévision numérique mensuelle des étangs

Tshuapa. Modèle logarithmique.

The dependent variable is $\ln(\text{EauETANG})$.

Modèle B : Etang TSHUAPA

$$\text{Log}(\text{EauEtang en L/m}^2) = 0,007 \times \text{Precipitation} + 1431000 ;$$

Modèle Beta : Etang TSHUAPA

$$\text{Log}(\text{EauEtang en L/m}^2) = 0,989 \times \text{Precipitation}$$

4.2.1.2. Etangs d'eaux du quartier Kibibi Commune kabondo (cfr figure 10.)

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télédétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre) |
|-----------|--|---|-----------------------------|
| Janvier | 7174 | 81,0442 | 581411,091 |
| Février | 7174 | 97,1000 | 696595,4 |
| Mars | 7174 | 141,06 | 1011964,44 |
| Avril | 7174 | 182 ,82 | 1311550,68 |
| Mai | 7174 | 164,33 | 1178903,42 |
| Juin | 7174 | 118,52 | 850262,48 |
| Juillet | 7174 | 110,03 | 789355,22 |
| Aout | 7174 | 140,58 | 1008520,92 |
| Septembre | 7174 | 180,99 | 1298422,26 |
| Octobre | 7174 | 222,64 | 1597219,36 |
| Novembre | 7174 | 194 ,79 | 1397423,46 |
| Décembre | 7174 | 128,98 | 925302,52 |
| Total | | | 12.646.931,2litres/an |

Tableau 17. *Volume d'eaux des étangs du quartier Kibibi.*

Ce tableau nous montre que les étangs d'eaux du quartier Kibibi Commune Kabondo contiennent 12646931,2 litres d'eaux/an de son volume.

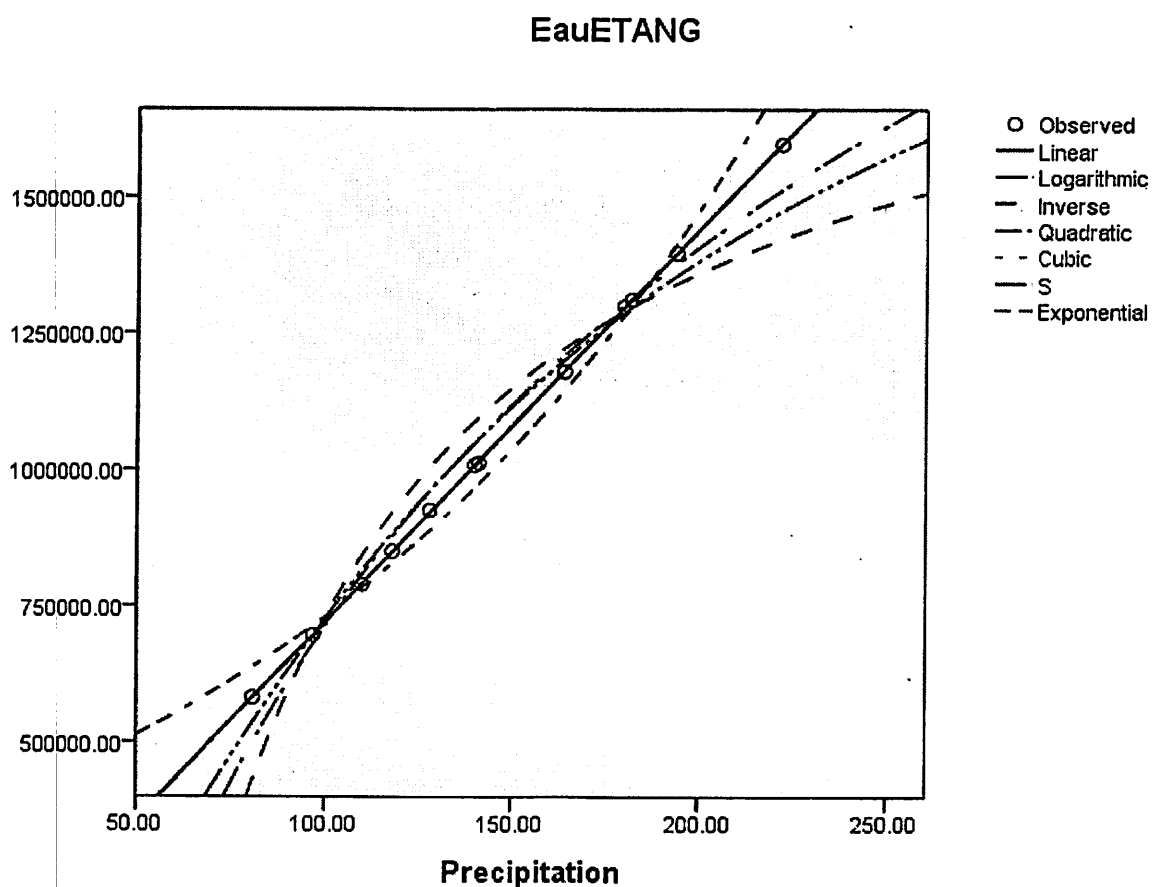


Figure 35. Graphique de relation entre le volume d'eaux et la quantité de pluies tombées sur les Etangs d'eaux du quartier Kibibi commune Kabondo.

Coefficients

| | Kibibi Commune Kabondo | | Standardized Coefficients | Sig. |
|---------------|-----------------------------|------------|------------------------------|------|
| | Unstandardized Coefficients | | | |
| | B | Std. Error | Beta | |
| Precipitation | .007 | .000 | .989 | .000 |
| (Constant) | 360666.043 | 18177.449 | | .000 |

Tableau 18. Equation de prévision numérique mensuelle, etangs Kibibi.

Modèle logarithmique.

The dependent variable is ln(Eau ETANG).

Modèle B : Kibibi

$\text{Log}(\text{Eau Etang en L/m}^2) = 0,007 \times \text{Precipitation} + 360666,043$;

Modèle Beta : Kibibi

$\text{Log}(\text{EauEtang en L/m}^2) = 0,989 \times \text{Precipitation}$

4.2.1.3. Les étangs d'eaux alimentés par la rivière Mukoko Commune Kabondo (cfr figure 11).

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télédétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre) |
|-----------|---|--|--------------------------|
| Janvier | 6476 | 81,0442 | 524842,2392 |
| Février | 6476 | 97,1000 | 6288819,6 |
| Mars | 6476 | 141,06 | 913504,56 |
| Avril | 6476 | 182,82 | 1183942,32 |
| Mai | 6476 | 164,33 | 1064201,08 |
| Juin | 6476 | 118,52 | 767535,52 |
| Juillet | 6476 | 110,03 | 712554,28 |
| Aout | 6476 | 140,58 | 910396,08 |
| Septembre | 6476 | 180,99 | 1172091,24 |
| Octobre | 6476 | 222,64 | 1441816,64 |
| Novembre | 6476 | 194,79 | 1261460,04 |
| Décembre | 6476 | 128,98 | 835274,48 |
| Total | | | 17076438,08 litres/an |

Tableau 19. volume d'eaux des étangs alimentés par la rivière Mukoko.

Le volume d'eau retrouvé dans ces étangs est de 17.076.438,08 litres d'eaux par an.

EauETANG

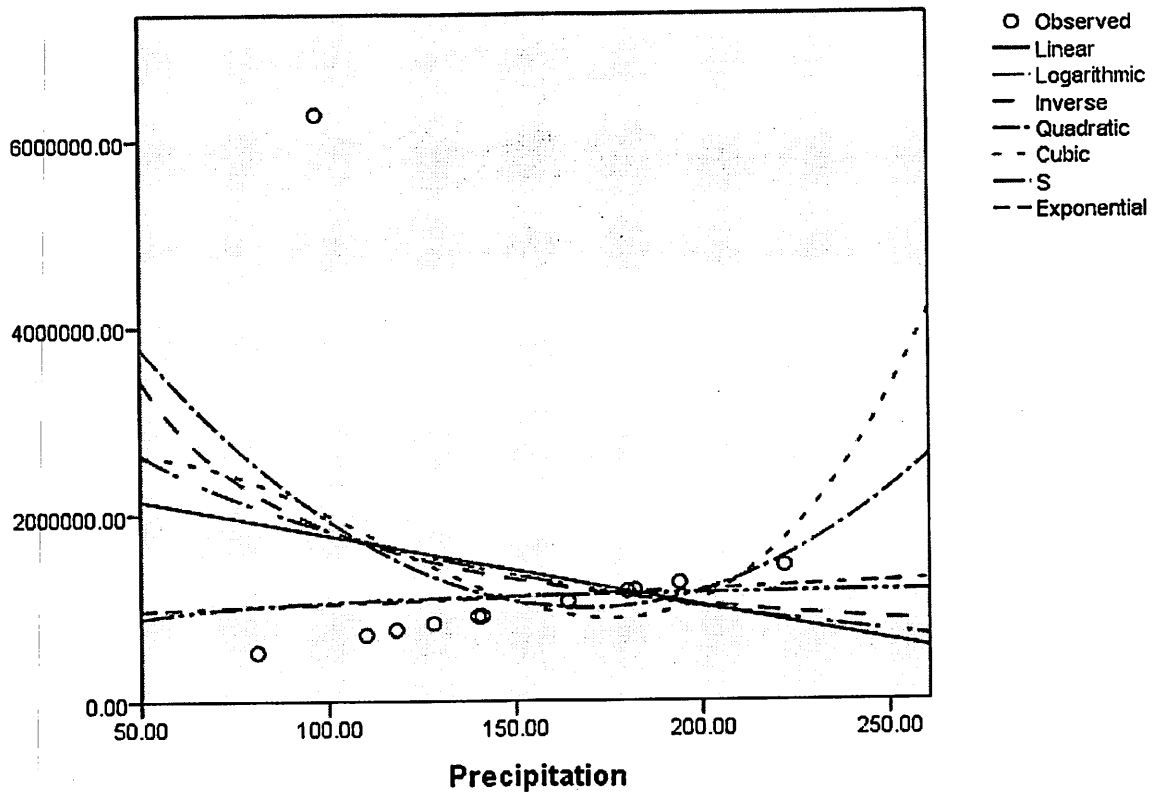


Figure 36. Graphique de relation entre les volumes d'eaux et la quantité des pluies tombées sur les étangs d'eaux alimentés par la rivière Mukoko.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | Sig. |
|--------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|------|
| | B | Std. Error | Beta | |
| Precipitation | -66173.969 | 86102.992 | -1.813 | .462 |
| Precipitation ** 2 | 195.329 | 284.087 | 1.622 | .509 |
| (Constant) | 6.600E6 | 6.186E6 | | .314 |

Tableau 20. Equation de prévision numérique mensuelle, étangs mukoko.

Modèle B : Etang Mukoko

$$\text{EauEtang en L/m}^2 = 6600000 - 66173,969 \times \text{Précipitation} + 195,329 \times (\text{Précipitation})^2 ;$$

Soit en modèle Beta : Etang Mukoko

$$\text{EauEtang en L/m}^2 = - 1,813 \times \text{Précipitation} + 1,622 \times (\text{Précipitation})^2$$

4.2.1.4. Les étangs d'eaux sur 13^{ème} Avenu/ quartier mosibasiba Commune Kisangani

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre) |
|-----------|--|---|-----------------------------|
| Janvier | 33142 | 81,0442 | 2685966,876 |
| Février | 33142 | 97,1000 | 3218088,2 |
| Mars | 33142 | 141,06 | 4675010,52 |
| Avril | 33142 | 182 ,82 | 6059020,44 |
| Mai | 33142 | 164,33 | 5446224,86 |
| Juin | 33142 | 118,52 | 3927989,84 |
| Juillet | 33142 | 110,03 | 3646614,26 |
| Aout | 33142 | 140,58 | 4659102,36 |
| Septembre | 33142 | 180,99 | 5998370,58 |
| Octobre | 33142 | 222,64 | 7378734,88 |
| Novembre | 33142 | 194 ,79 | 6455730,18 |
| Décembre | 33142 | 128,98 | 4274655,16 |
| Total | | | 49838415,96 |

Tableau 21. Volume d'eaux se trouvant dans les étangs d'eaux de la 13^{ème} avenue commune Kisangani.

Il regorge que ces étangs d'eaux contiennent 49.838.415,96 litres d'eaux par an sur une superficie de 33142m²

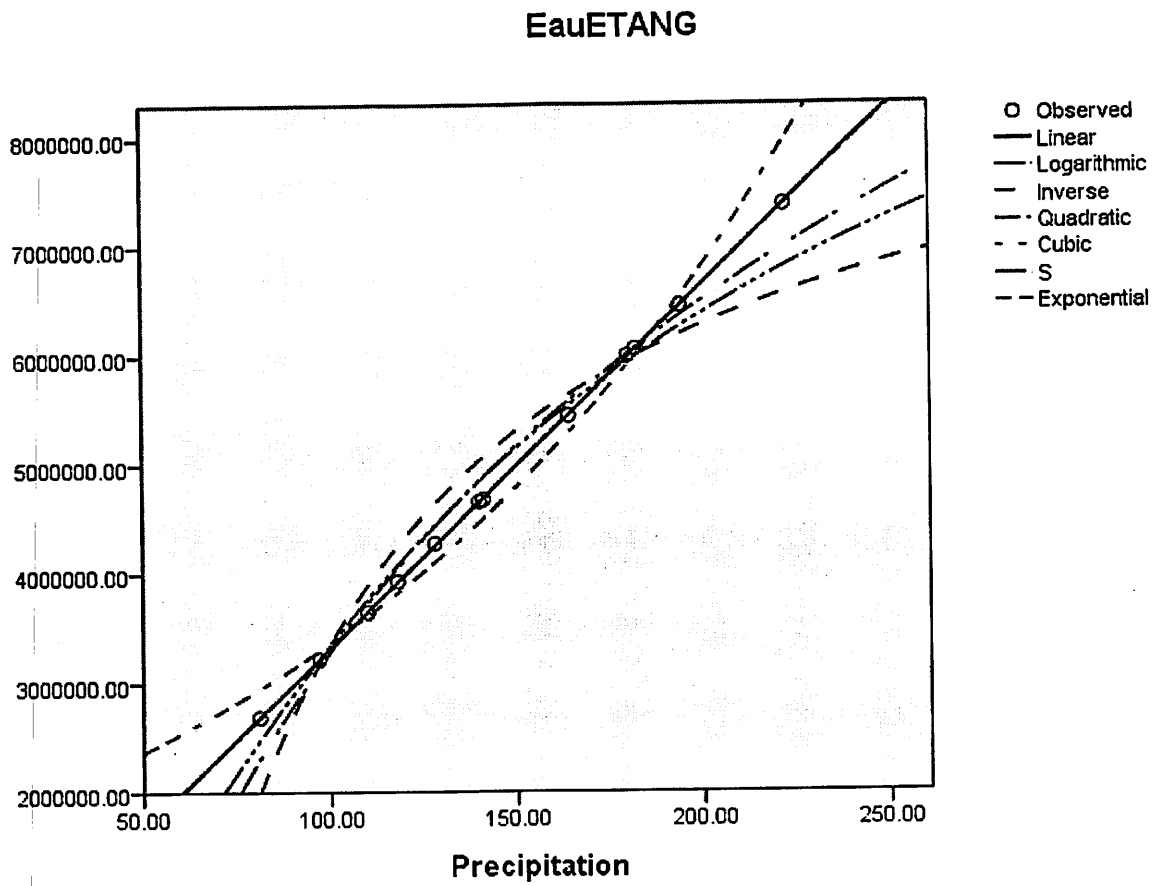


Figure 37. Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eau de pluie tombée (données pluviométriques) et le volume d'eau se trouvant dans les étangs d'eaux sur 13^{ème} avenue/quartier mosibasiba commune Kisangani (télé-détection).

Coefficients

| Etang sur 13 ^{ème} Avenu/ quartier mosibasiba | Etang sur 13 ^{ème} Avenu/ quartier mosibasiba | | Standardized Coefficients | Sig. |
|--|--|------------|------------------------------|------|
| | Unstandardized Coefficients | | | |
| | B | Std. Error | Beta | |
| Precipitation | .007 | .000 | .989 | .000 |
| (Constant) | 1.666E6 | 83975.395 | | .000 |

Tableau 22. Equation de prévision numérique mensuelle des étangs

d'eaux du 13ème avenue, commune Kisangani.

The dependent variable is ln(EauETANG).

Modèle B : quartier mosibasiba

$$\text{Log}(\text{EauEtang en L/m}^2) = 0,007 \times \text{Precipitation} + 1666000 ;$$

Modèle Beta : quartier mosibasiba

$$\text{Log}(\text{EauEtang en L/m}^2) = 0,989 \times \text{Precipitation}$$

4.2.1.5. Les étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues commune Kisangani (cfr fig.14).

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre) |
|-----------|--|---|-----------------------------|
| Janvier | 44709 | 81,0442 | 3623405,138 |
| Février | 44709 | 97,1000 | 4341243,9 |
| Mars | 44709 | 141,06 | 6306651,54 |
| Avril | 44709 | 182 ,82 | 8173699,38 |
| Mai | 44709 | 164,33 | 7347029,97 |
| Juin | 44709 | 118,52 | 5298910,68 |
| Juillet | 44709 | 110,03 | 4919331,27 |
| Aout | 44709 | 140,58 | 6285191,22 |
| Septembre | 44709 | 180,99 | 8091881,91 |
| Octobre | 44709 | 222,64 | 9954011,76 |
| Novembre | 44709 | 194 ,79 | 8708866,11 |
| Décembre | 44709 | 128,98 | 8708866,11 |
| Total | | | 73.050.222,88litres/an |

Tableau 23. Volume d'eaux se trouvant dans les étangs d'eaux du 10^{ème} et 11^{ème} avenue, commune Kisangani

Il regorge que ces étangs contiennent 73.050.222,88litres d'eaux par an.

Coefficients

| étangs d'eaux sur 10 ^{ème} et 11 ^{ème} avenues commune Kisangani | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | Sig. |
|--|-----------------------------|------------|------------------------------|------|
| | B | Std. Error | Beta | |
| | ln(Precipitation) | 5.992E6 | 859643.905 | |
| (Constant) | -2.282E7 | 4.259E6 | | .000 |

Tableau 24. Equation de prévision numérique mensuelle, étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues commune Kisangani.

Modèle B : étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues commune Kisangani

EauÉtang en $L/m^2 = 5992000 \times \text{Log}(\text{Précipitation}) - 22820000$;

Modèle Beta : étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues commune Kisangani

EauÉtang en $L/m^2 = 0,911 \times \text{Log}(\text{Précipitation})$

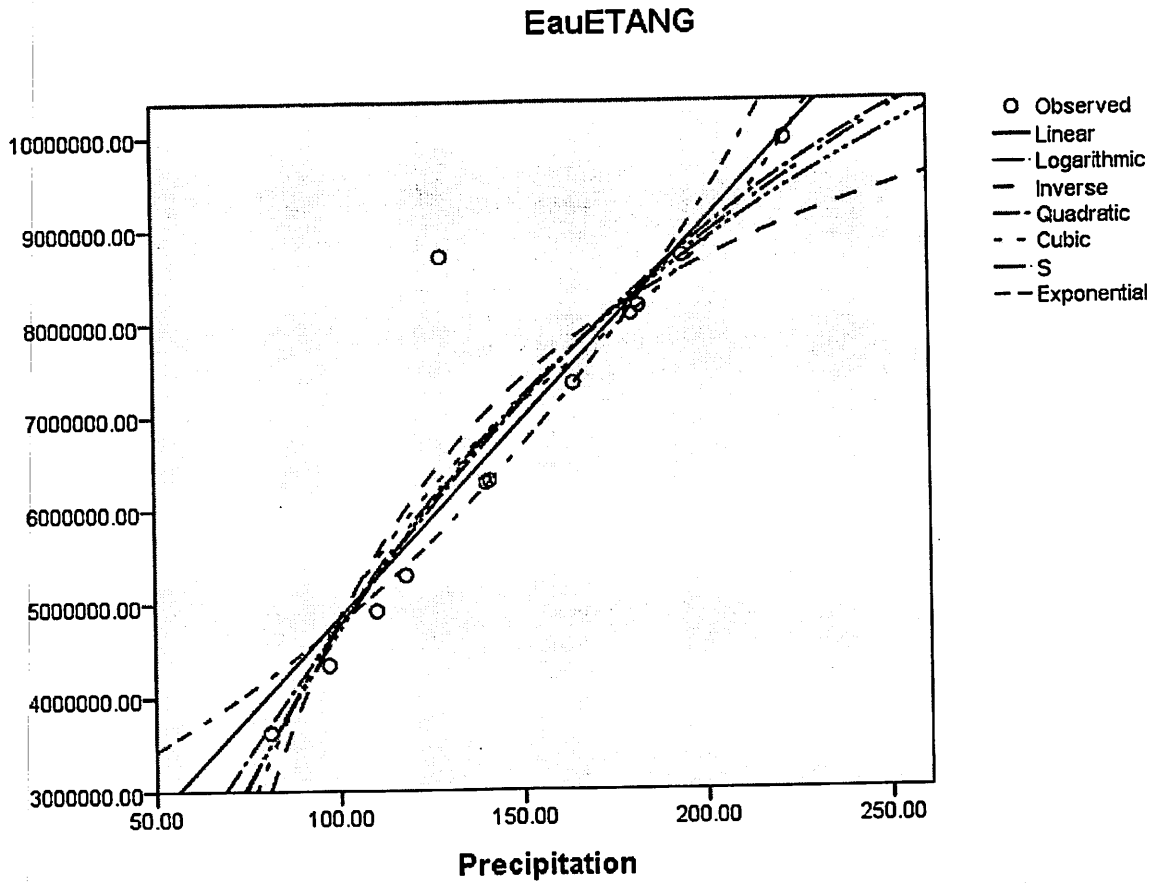


Figure 38. Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eaux de pluie tombée (données pluviométriques et le volume d'eaux se trouvant dans les étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues, commune Kisangani (télé-détection).

4.2.1.6. Les étangs d'eaux sur quartier Kongakonga Commune Kisangani (cfr fig.14).

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télédétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre) |
|-----------|---|--|--------------------------|
| Janvier | 7915 | 81,0442 | 641464,843 |
| Février | 7915 | 97,1000 | 768546,5 |
| Mars | 7915 | 141,06 | 1116489,9 |
| Avril | 7915 | 182,82 | 1447020,3 |
| Mai | 7915 | 164,33 | 1300671,95 |
| Juin | 7915 | 118,52 | 938085,8 |
| Juillet | 7915 | 110,03 | 870887,45 |
| Aout | 7915 | 140,58 | 1112690,7 |
| Septembre | 7915 | 180,99 | 1432535,85 |
| Octobre | 7915 | 222,64 | 1762195,6 |
| Novembre | 7915 | 194,79 | 1541762,85 |
| Décembre | 7915 | 128,98 | 1020876,7 |
| Total | | | 10758496,99 |

Tableau 25. Volume d'eaux des étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues, commune Kisangani.

Le volume d'eaux se trouvant à ces étangs est de 10.758.496,99 litres d'eaux sur une superficie de 7915m².

Coefficients

| Les étangs d'eaux sur quartier Kongakonga | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | Sig. |
|--|-----------------------------|------------|------------------------------|------|
| | B | Std. Error | Beta | |
| | In(Precipitation) | 1.109E6 | 50753.607 | |
| (Constant) | -4.324E6 | 251448.884 | | .000 |

Tableau 26. Equation de prévision numérique mensuelle des étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues.

Modèle B : Les étangs d'eaux sur quartier Kongakonga

Eau Etang en L/m² = 1109000xLog(Précipitation) - 43240000 ;

Modèle Beta : Les étangs d'eaux sur quartier Kongakonga

Eau Etang en L/m² = 0,99xLog(Précipitation)

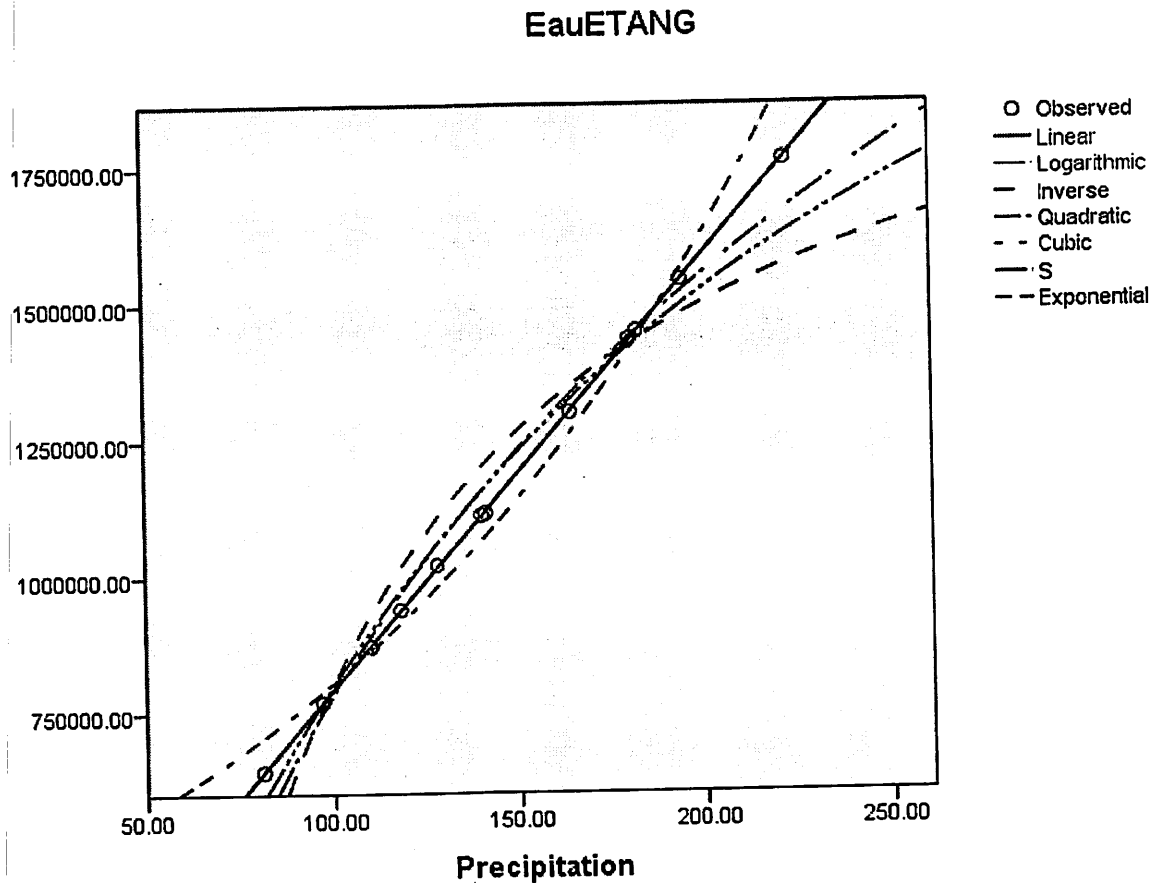


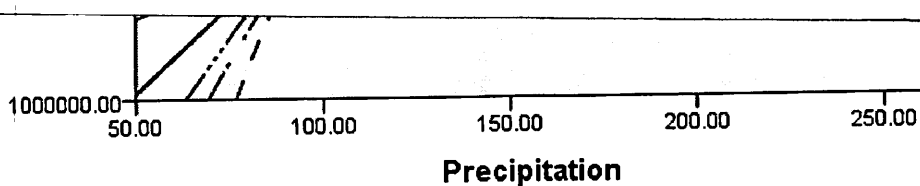
Figure 39. Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eau de pluie tombée (données pluviométriques et le volume d'eau se trouvant dans les étangs du quartier Kongakonga, commune Kisangani (télédétection).

4.1.2.7. Les étangs d'eaux du quartier KongakongaII Commune Kisangani (cfr fig.15).

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télédétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre) |
|-----------|--|---|-----------------------------|
| Janvier | 20832 | 81,0442 | 1688312,774 |
| Février | 20832 | 97,1000 | 2022787,2 |
| Mars | 20832 | 141,06 | 2938561,92 |
| Avril | 20832 | 182 ,82 | 3808506,24 |
| Mai | 20832 | 164,33 | 3423322,56 |
| Juin | 20832 | 118,52 | 2469008,64 |
| Juillet | 20832 | 110,03 | 2292144,96 |
| Aout | 20832 | 140,58 | 2928562,56 |
| Septembre | 20832 | 180,99 | 3770383,68 |
| Octobre | 20832 | 222,64 | 4638036,48 |
| Novembre | 20832 | 194 ,79 | 4057865,28 |
| Décembre | 20832 | 128,98 | 2686911,36 |
| Total | | | 33785842,41 |

Tableau 27. Volume d'eaux.

Le tableau ci-haut montre le volume d'eaux des étangs du quartier Kongakonga qui est de 33.785.842,41 litres d'eaux par an avec une superficie de 20832m².



Coefficients

| étangs d'eaux du quartier Kongakonga II | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | Sig. |
|---|-----------------------------|------------|------------------------------|------|
| | B | Std. Error | Beta | |
| ln(Precipitation) | 2.920E6 | 133581.674 | .990 | .000 |
| (Constant) | -1.138E7 | 661804.448 | | .000 |

Tableau 28 .Equation de prévision numérique mensuelle.

Modèle B : Les étangs d'eaux sur quartier Kongakonga II

EauEtang en $L/m^2 = 2920000 \times \text{Log}(\text{Précipitation}) - 11380000$;

Modèle Beta : Les étangs d'eaux sur quartier KongakongaII

EauEtang en $L/m^2 = 0,99 \times \text{Log}(\text{Précipitation})$

EauETANG

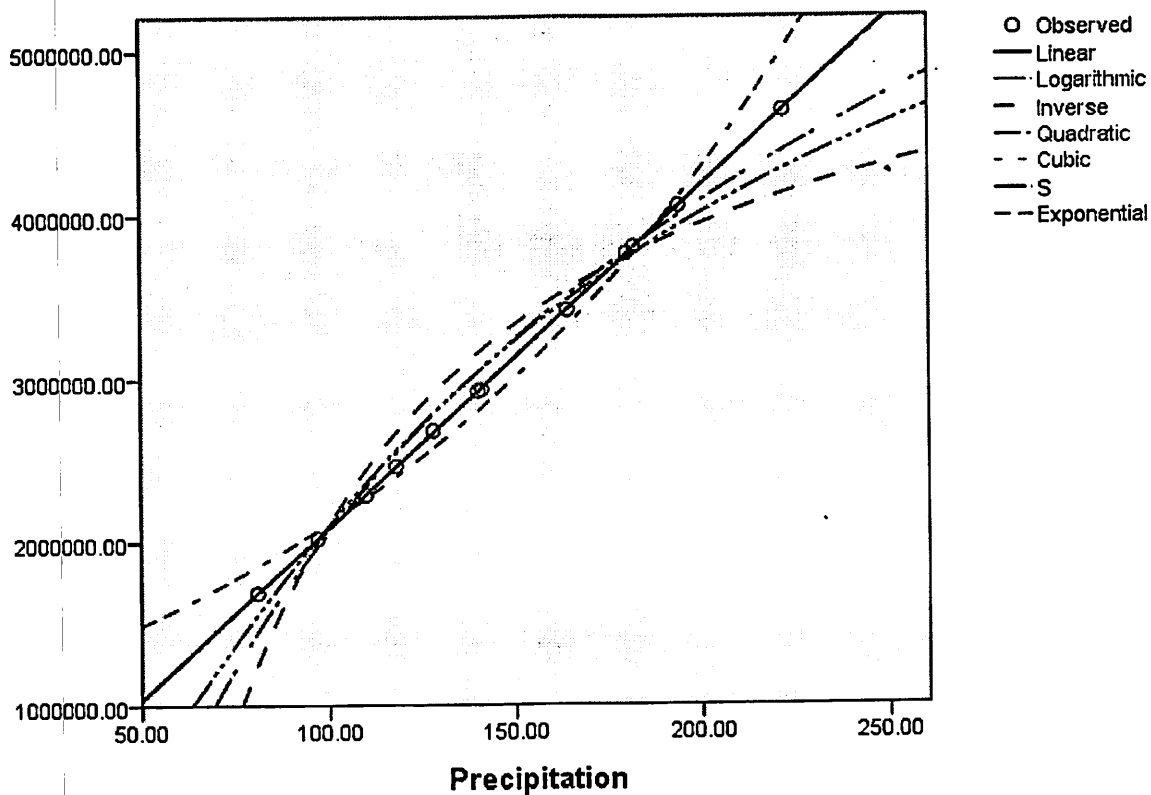


Figure 40 .Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eaux de pluie tombée (données pluviométriques et le volume d'eau se trouvant dans les étangs du quartier Kongakonga II (télédétection).

5.1.2.8. Les étangs d'eaux sur l'avenue Walikale commune Kisangani

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télédétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre |
|-----------|--|---|----------------------------|
| Janvier | 6089 | 81,0442 | 493478,1338 |
| Février | 6089 | 97,1000 | 591241,9 |
| Mars | 6089 | 141,06 | 858914,34 |
| Avril | 6089 | 182 ,82 | 1113190,98 |
| Mai | 6089 | 164,33 | 1000605,37 |
| Juin | 6089 | 118,52 | 721668,28 |
| Juillet | 6089 | 110,03 | 669972,67 |
| Aout | 6089 | 140,58 | 855991,62 |
| Septembre | 6089 | 180,99 | 1102048,11 |
| Octobre | 6089 | 222,64 | 1355654,96 |
| Novembre | 6089 | 194 ,79 | 1186076,31 |
| Décembre | 6089 | 128,98 | 785359,22 |
| Total | | | 9666732,894litres /an |

Tableau 29. Volume d'eaux des étangs d'eaux sur l'avenue walikale.

Le volume d'eaux se trouvant dans ces étangs est de 9.666.732,894 litres d'eaux par an avec une superficie de 6089m².

Coefficients

| étangs d'eaux sur l'avenue Walikale | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | Sig. |
|---|-----------------------------|------------|------------------------------|------|
| | B | Std. Error | Beta | |
| | In(Precipitation) | 853447.883 | 39044.604 | |
| (Constant) | -3.327E6 | 193438.903 | | .000 |

Tableau 30. Equation de prévision numérique mensuelle.

Modèle B : étangs d'eaux sur l'avenue Walikale

$$\text{EauEtang en L/m}^2 = 853447,883 \times \text{Log}(\text{Précipitation}) - 3327000 ;$$

Modèle Beta : étangs d'eaux sur l'avenue Walikale

$$\text{EauEtang en L/m}^2 = 0,99 \times \text{Log}(\text{Précipitation})$$

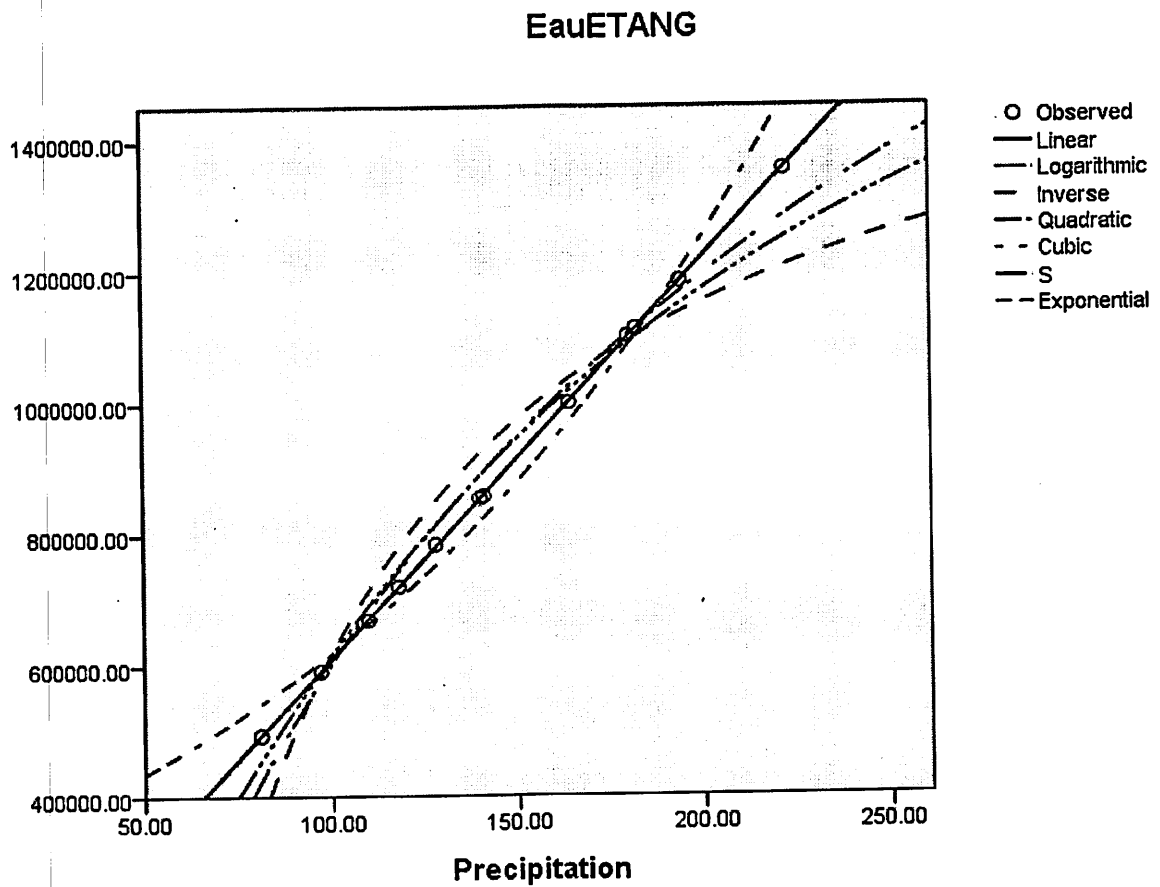


Figure 41. Ce graphique explique la relation entre la quantité d'eau de pluie tombée (données pluviométriques) et le volume d'eau se trouvant dans les étangs d'eaux de l'avenue walikale (télédétection).

4.1.2.9. Les étangs d'eaux sur l'avenue Walikale II Commune Kisangani.

| Mois | Surface (m ²) par SIG Télédétection | Pluviométrie mensuelle (litre/m ²) | Volume mensuelle (litre) |
|-----------|--|---|-----------------------------|
| Janvier | 9256 | 81,0442 | 750145,1152 |
| Février | 9256 | 97,1000 | 898757,6 |
| Mars | 9256 | 141,06 | 1305651,36 |
| Avril | 9256 | 182,82 | 1692181,92 |
| Mai | 9256 | 164,33 | 1521038,48 |
| Juin | 9256 | 118,52 | 1097021,12 |
| Juillet | 9256 | 110,03 | 1018437,68 |
| Aout | 9256 | 140,58 | 1301208,48 |
| Septembre | 9256 | 180,99 | 1675243,44 |
| Octobre | 9256 | 222,64 | 2060755,84 |
| Novembre | 9256 | 194,79 | 1802976,24 |
| Décembre | 9256 | 128,98 | 1193838,88 |
| Total | | | 16317256,16 |

Tableau 31. Volume d'eaux des étangs du walikale II.

Il ressort que le volume d'eaux se trouvant dans ces étangs est de 16.317.256,16 litres d'eaux par an.

Coefficients

| étangs d'eaux sur l'avenue Walikale II | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | Sig. |
|--|-----------------------------|------------|------------------------------|------|
| | B | Std. Error | Beta | |
| ln(Precipitation) | 1.297E6 | 59352.526 | .990 | .000 |
| (Constant) | -5.057E6 | 294050.559 | | .000 |

Tableau 32.Equation de prévision numérique mensuelle.

Modèle B : étangs d'eaux sur l'avenue Walikale II

EauEtang en $L/m^2 = 1297000 \times \text{Log}(\text{Précipitation}) - 5057000$;

Modèle Beta : étangs d'eaux sur l'avenue Walikale II

EauEtang en $L/m^2 = 0,99 \times \text{Log}(\text{Précipitation})$

EauETANG

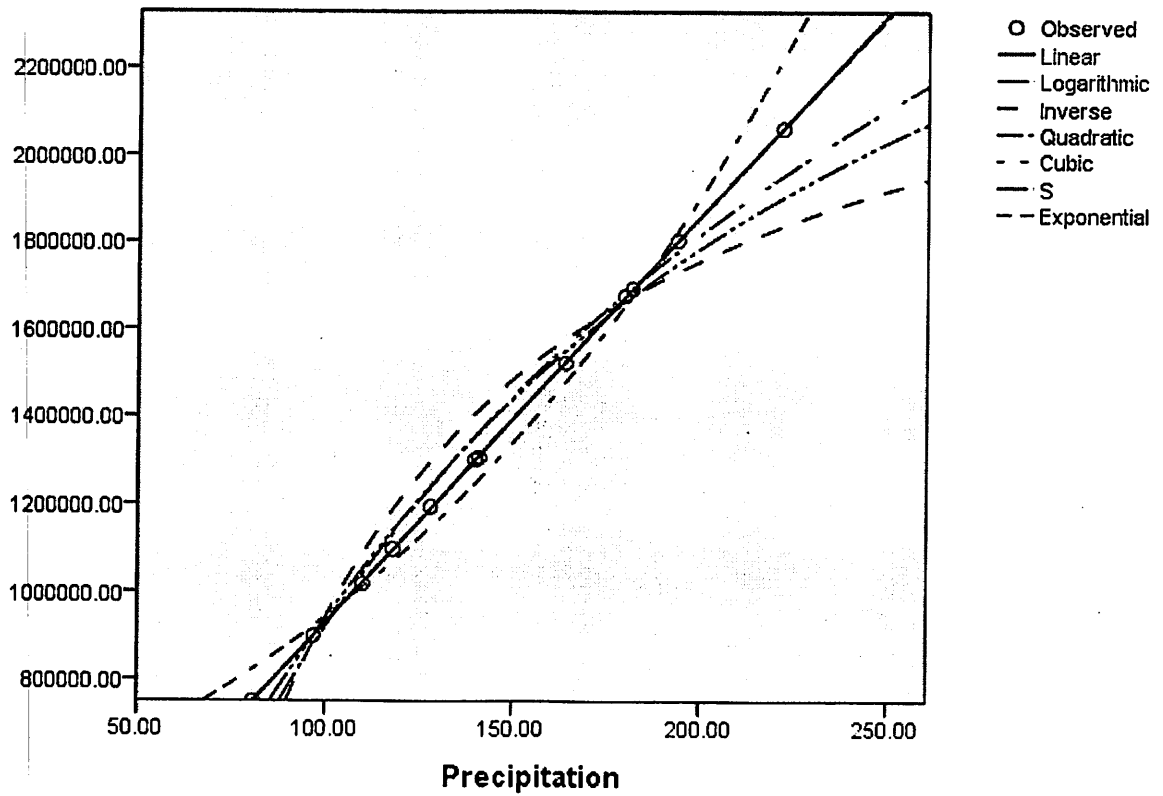


Figure 42. Relation entre le volume d'eau et la quantité d'eau des pluies tombées sur les étangs d'eaux de l'avenue walikale II.

CONCLUSION SUGGESTIVES.

Cette étude menée dans la ville de Kisangani précisément dans les communes de Kabondo et Kisangani trouve son origine dans les questions liées au problème de risque en inondation dans des zones se trouvant dans ces communes et les mois à pluviosités extrêmes de la ville en évaluant quelles sont les superficie des étangs, ainsi que le volume des eaux inondables mensuellement par étang sur la ville de Kisangani, précisément dans les communes de Kabondo et de Kisangani et Quelles sont les équations de prévision numérique mensuelle entre la pluviométrie et le volume d'eau des étangs ?

Son objectif principal a été d'évaluer sous trois saisons pluvieuses de la ville de Kisangani, la superficie en hectare perdue sous forme des étangs d'eau dans les communes de Kisangani et de Kabondo ; Esquisser la cartographie de risque d'inondation et des étangs d'eau dans les communes de Kisangani et de Kabondo et Evaluer les mois à risque d'inondation dans ces communes ainsi que le ni veau des eaux inondables. Nous avons émit des hypothèses selon les quelles Etant donné la planimétrie de la ville de Kisangani, sans relief ni forte gravité ; les eaux des pluies (1800 à 2000 mm d'eau /an) stagnent dans les très basses courbes de nivelés pour engendrer des zones marécageuses et inondables.

Ce pourquoi nous cherchons s'il est possible de calculer les espaces qu'occupent les étangs d'eau dans les deux communes comme notre première hypothèse.

Le mémoire s'attèlera également à vérifier s'il existe à Kabondo et à Kisangani, la présence des zones permanemment inondables.

Il nous aidera ensuite de calculer les volumes d'eaux se trouvant dans ces étangs d'eaux et prédire la quantité des pluies qui peut tomber l'année prochaine dans le même mois.

Et ces hypothèses sont vérifier car pour ce qui concerne les espaces qu'occupent les étangs d'eaux nous avons identier une agglomération des étangs d'eaux dans la commune de Kabondo sous trois places (Quartier tshuapa, quartier Kibibi et 21^{ème} trans à coté de la rivière Mukoko) et tous ces étangs ont fait une superficie de 41km² sur 368km² de superficie totale de la commune soit environ 11% de la commune ; sur la commune Kisangani nous avons identifiés six agglomérations des étangs d'eaux (sur 13^{ème} avenue quartier mosibasiba, sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues, sur les quartiers Kongakonga I et II,

sur l'avenue walikale I et walikale II) et tous ont une superficie de 120km² sur 636km² donc environ 19% de la commune. Donc la commune Kisangani a une grande étendue occupée par les étangs d'eaux que la commune Kabondo compte tenu de sa position proche du fleuve Congo et de son relief. C'est ce qui justifie notre première hypothèse.

Pour ce qui concerne notre deuxième hypothèse nous le confirmons en disant qu'il existe des zones inondables dans ces deux communes en voyant le résultat ci-haut.

Pour ce qui concerne le volume d'eaux contenant ces étangs nous avons trouvés dans les étangs de la commune Kabondo que les étangs du quartier tshuapa contiennent plus d'eaux (46.155.495,1 litres d'eaux/an) et les étangs du quartier Kibibi sont les moins contenus d'eaux(1246931,2 litres d'eaux/an), de l'autre côté dans la commune Kisangani sur les six agglomérations des étangs ce sont les étangs d'eaux sur 10^{ème} et 11^{ème} avenues qui contiennent plus d'eaux(73.050.222,88 litres d'eaux/an) et les étangs d'eaux sur l'avenue walikale qui contiennent moins d'eaux parmi les six(9.666.732,894 litres d'eaux/an). Nous avons calculé aussi la prévision numérique mensuelle pour prédire la quantité de pluie qui tombera le même mois l'année prochaine en connaissant celle tombées ce mois là l'année précédente. Et à partir des équations numériques mensuelles nous avons combinés les résultats de la télédétection et ceux des données pluviométriques pour voir la relation qu'il existe entre eux.

Quand à ce qui concerne les courbes de niveau nous avons trouvés que tous nos étangs d'eaux se trouvaient en dessous de 400m d'altitude, donc il faut éviter d'acheter tout terrain qui se trouve en dessous de 400m d'altitude car c'est un terrain marécageux, difficile à construire mais plutôt les laisser pour l'agriculture au sens large.

Parmi les quatre saisons de la ville de Kisangani identifiées, nous remarquons que ce la 4^{ème} saison qui est la plus pluvieuse qui regroupe les mois suivants :
Avril, Mai, Septembre, Octobre, novembre.

Nous suggérons que cette étude soit approfondie par nos cadets scientifiques pour parcourir toute la ville ; nous suggérons ensuite au gouvernement de ce qui suit :

- l'utilisation accrue des énergies renouvelables et propres,
- le traitement des déchets,
- la réhabilitation des caniveaux et conduites d'eaux dans les villes.
- la construction des digues et des bassins de rétention des eaux, la
- culture des bois énergies,

- la lutte contre la pauvreté par la conversion des étangs en espaces piscicoles et rizicoles,
- le traitement des eaux usées,
- le reboisement des espaces déforesteuse,
- la prévention des maladies des eaux et le financement des études des prévisions et des modélisations climatiques dans les zones à risque comme Kisangani.

En fin aux aménagistes que nous sommes de faire un système d'alerte en ce qui concerne les espaces marécageuses auprès de service du cadastre pour ne pas les vendre aux gens afin de construire des maisons mais y laisser pour faire l'agriculture au sens large et nourrir la population .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ❖ Abdelkader El Garouani, Abdelaziz Merzouk, Said Hinje, Jabrane Raouf, Mohamed Rached Boussema (1997). Identification des géorisques par télédétection : érosion des sols et glissement des terrains au Prérif marneux (Maroc), in Gestion des sols dans un bassin versant. IXèmes Journées du Réseau Télédétection.
- ❖ Aloni Komanda et Miti Tseta (2004). Ravinement dans la ville de Kinshasa face au changement climatique et coût de la lutte anti-érosive, in Mangroves. Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, UNIKIN.
- ❖ Anonyme (2006). Encyclopédie Wikipedia 2006.
- ❖ Division de la Météorologie de Kisangani(2014) Données pluviométriques ou climatique (températures maximale et minimale, précipitation de 1956 à 2005) de la ville de Kisangani.
- ❖ Ilunga, C. (2012).Cartographie par télédétection de l'occupation du sol dans la ville de Kisangani et sa périphérie entre 2002 et 2010.Mémoire de DEA en Gestion de la Biodiversité et Aménagement Forestier Durable, REFORCO/ Faculté des sciences.
- ❖ Kabasele YY (2009), Bas Fleuve Utilisation des Données Spatiales en Appui à la Modélisation de la Climatologie, de la Limnimétrie et de la Mare graphie en RD Congo, Thèse de doctorat UPN Kinshasa.
- ❖ Kabasele YY,(2006) Etude Comparative des Masses Végétales et des Masses d'Air par Télédétection LANDSAT entre le Maroc et la RD Congo, DEA CRASTE, Rabat Maroc.
- ❖ Kabasele, Y. (2013).Note de Cours de Géomatique Satellitaire, Télédétection Satellitaire et Gestion de l'environnement. Université de Kisangani premier grade Eaux et Forêts/ FGRNR, cours Inédit.

- ❖ Kahindo, J.M. (2011). Potentiel en Produits Forestiers Autres que le Bois d'oeuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins *Eremospatha haullevilleana* De Wild. et *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv.) Kuntze de la réserve Forestière de Yoko (Province Orientale, RD Congo). Thèse de doctorat, UNIKIS, Faculté des sciences.
- ❖ Kamel, S. (2006). Module Géomatique. Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud XI (2006-2007).
- ❖ Kanembou, C. (2006). Etude de la dynamique des aires pastorales dans le département de Goure : apport de la télédétection et du SIG. Dissertation DEA, Université de Niamey.
- ❖ Lagabrielle, E., Metzger, P., Martignac, C., Lortic, B., Durieux, L. (200). Les dynamiques d'occupation à la Réunion (1989-2002). CIRAD, Université de la Réunion, IRD, Mappemonde.
- ❖ Lejeune, P. (2011). Cours de télédétection appliquée. Unité de Gestion des ressources forestières et Milieux naturels. Faculté de Gembloux Agro biotech, Diapo (5).
- ❖ Lubuimi M. L. J. (2003). Indice de perte des sols (IPS). Utilisation des Données Spatiales Numériques pour la détermination de l'Indice d'Imperméabilisation, in Nachdruck und Versand bei Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet. TFE, Université de Mainz.
- ❖ Mairie de Kisangani. (2009). Processus de revue et de restitution communautaire du PDU Kisangani- Plan – Programme d'Action Prioritaire pour le Développement Urbain de Kisangani à l'horizon 2012. Appui technique et Financier du Projet PAIDECO TSHOPO, Kisangani.
- ❖ Mairie de Kisangani. (2011). Rapport Annuel Administration du territoire E.T.D ville de Kisangani (Exercice 2011). Organisation administrative (1), Kisangani, p. 5-10.
- ❖ Makoko M., Ndembo L. et Nsimba M. (1991). Hydrodynamique des sols de Kinshasa. 1. Les sols du Mont Amba : caractérisation

pédologique, mécanique et stock d'eau des sols, in
Revue zaïroise des sciences nucléaires. Vol 12 n° 1/2.

- ❖ Maréchal, J. [2012]. Caractérisation de la dynamique d'occupation du sol de la ville de kisangani et sa périphérie entre 2002 et 2010. Mémoire, Faculté universitaire des sciences Agronomiques de Gembloux.
- ❖ Marguerat, Y.(2006). Urbanisation de l'Afrique de l'Afrique noire. Essai de synthèse (1), conférence de l'OCDI, Cotonou.
- ❖ MAS, J.F. (2000).Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. Journal Canadian de Télédétection, 26 (4): 349-362.
- ❖ MECNT. (2006). Programme d'action national (PAN) contre la dégradation des terres et la déforestation. Comité national de coordination de la lutte contre la désertification, Kinshasa.
- ❖ Mikwa, J. (2010). Evaluation par télédétection des effets de la déforestation et de la dégradation des forêts à Kisangani (Cas de la Région forestière de Masako). Dissertation DEA, UNIKIS, Faculté des sciences.
- ❖ MINVIELLE, E. et Souiah, S-A. (2003). L'analyse statistique et spatiale ; Statistiques, cartographie, télédétection, SIG. Ed. Du temps.
- ❖ Ndinga ,K(2011). Potentialités des images à très haute résolution spatiale dans l'identification des essences forestières en zones équatoriale; cas de la Réserve forestière de Yoko (Province Orientale/RDC), Mémoire de DEA en Aménagement des forêts congolaises.
- ❖ Pamani, (2005).Identification des géo risques par une approche de télédétection et dynamique du phénomène d'érosion sur la Colline du Mont-Amba.Mémoire de fin d'étude. UNIKIN, Faculté des sciences Agronomiques.
- ❖ Puech, C. (2000). Utilisation de la télédétection et des modèles numériques de terrain pour la connaissance du fonctionnement des

hydro systèmes. Mémoire de recherche, UMR 3S, Cemagref Engref, Montpellier.

- ❖ PUECH, C., Demargne, J. (2005). MNT et qualité d'extraction du réseau hydrographique. UMR 3S, Cemagref Engref, Montpellier.
- ❖ Rakotondraompiana Solofo, Randrianarison Tahina, Collet Claude, Rakotoniaina Solofoarisoa (1997). Analyse spatiale des propriétés physiques des zones d'érosion à l'aide de données géo référencées, images de télédétection et données topographiques, in Gestion des sols dans un bassin versant. IXème Journée du Réseau Télédétection.
- ❖ Robert P. Stone et Don Hilborn (2000). Équation universelle des pertes en terre (USLE). Fiche technique - ISSN 1198-7138. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales du Canada.
- ❖ Sadiki Abdelhamid, Bouhlassa Saïdati, Auajjar Jamal, Faleh Ali et Macaire Jean-Jacques (2004). Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc) : cas du bassin versant de l'oued Boussouab. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, n°26.

WEBOGRAPHIE

<http://www.memoireonline.org>

<http://www.esse.u-psud.fr>

<http://www.unamur.be/sciences/géographie/e>.

<http://G:/spatialModel.Learningobject.html>

www.gita.info/concept/Mod/fr/html/....

<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>

<http://www.ppige-npdc.fr>

elodie.gondran@developpement-durable.gouv.fr).

<http://mappemonde.mgm.fr/num14/articles/art07205.html>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil>

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|-----|
| EPIGRAPHE..... | i |
| DEDICACE..... | ii |
| REMERCIEMENTS | iii |
| RESUME | v |
| SUMMARY | vi |
| LISTE DES FIGURES..... | vii |
| LISTE DES TABLEAUX | ix |
| LISTE DES PHOTOS..... | x |
| SIGLES UTILISES..... | xi |
| TABLE DES MATIERES..... | xii |
| AVANT – PROPOS | xv |
| | |
| 1. INTRODUCTION..... | 1 |
| 0.1. PROBLEMATIQUE..... | 2 |
| 0.2. INTERET..... | 6 |
| 0.3. HYPOTHESES..... | 7 |
| 0.4. OBJECTIFS..... | 7 |
| 0.4.1. Objectif général | 7 |
| 0.4.2. Objectifs spécifiques | 7 |
| 0.5. SUBDIVISION DU TRAVAIL | 8 |
| <i>CHAPITRE PREMIER</i> | 9 |
| I.I. GENERALITES SUR LA MODELISATION SPATIALE..... | 10 |
| I.I.1. Concepts de modélisation spatiale..... | 10 |
| 1.1.2. Relations topologiques | 10 |
| 1.1.3. Agrégation..... | 10 |
| I.2. BREF APERÇU SUR LES TECHNIQUES D'INFORMATION SPATIALE | 12 |
| I.2.1. INTRODUCTION SUR LA TELEDETECTION..... | 12 |

| | |
|--|----|
| 1.2.2. Apports de la télédétection pour la connaissance des enjeux environnementaux (Publié Le 8 juillet à 12:56, par Michel)..... | 13 |
| 1.2.3. Apport de la télédétection au suivi de l'inondation..... | 14 |
| 1.2.3. Définition du concept « Système d'Information Géographique » (SIG). | 16 |
| 1.3. BREF APPERCU SUR LES ETANGS D'EAUX..... | 17 |
| 1.3.1. LA GESTION ADMINISTRATIVE DES ETANGS..... | 17 |
| <i>CHAPITRE DEUXIEME</i> | 19 |
| 2.1. Ville de Kisangani..... | 20 |
| 2.1.1. Situation géographique et organisation administrative..... | 20 |
| PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE..... | 19 |
| 2.1.3. Conditions climatiques..... | 22 |
| 2.1.4. Conditions édaphiques..... | 22 |
| 2.1.5. Végétation..... | 22 |
| 2.1.6. Hydrographie..... | 23 |
| 1.2.7. COMMUNE DE KABONDO..... | 24 |
| 1.2.8. COMMUNE DE KISANGANI..... | 24 |
| <i>CHAPITRE TROISIEME</i> | 25 |
| 3.1. MATERIELS..... | 26 |
| 3.1.1. Images satellites..... | 26 |
| 3.1.2. Logiciels utilisés..... | 26 |
| 3.1.3. Données pluviométriques..... | 27 |
| 3.1.4. Matériels du terrain..... | 27 |
| 3.2. METHODES..... | 27 |
| 3.2.1. Récoltes des données sur terrain..... | 28 |
| 3.2.2. Acquisition des images..... | 30 |

| | |
|--|----|
| 3.2.3. Acquisition des données pluviométriques de la ville de Kisangani | 31 |
| 3.2.4. .Traitement des Logiciels | 32 |
| 3.2.5. Traitement des données | 33 |
| <i>CHAPITRE QUATRIEME</i> | 35 |
| 4.1. PRESENTATION DES RESULTATS | 36 |
| 4.1.1. Présentation des Cartes des Etangs d’eaux et des zones inondables ainsi que leur identification. | 36 |
| PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSIONS | 35 |
| 4.1.2. Présentation des Courbes de niveaux des étangs d’eaux des Communes Kabondo et Kisangani. | 43 |
| 4.1.3.présentation des Diagrammes de la pluviosité mensuelle de 1956 à 2008. | 44 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 91 |
| WEBOGRAPHIE..... | 95 |

ANNEXE

ANNEXES

Annexe 1 : Données climatiques de la région de Kisangani (période de 1976 à 2005)

Tableau 1.1 : Températures minimales de la région de Kisangani (en degrés Celcius)

| Année | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1956 | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,5 | 20,5 | 20,0 | 19,8 | 19,7 | 19,8 | 19,9 | 20,1 | 20,0 |
| 1957 | 19,7 | 19,3 | 20,2 | 20,5 | 20,8 | 20,0 | 19,7 | 19,9 | 19,6 | 20,1 | 19,9 | 20,3 |
| 1958 | 20,1 | 20,1 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,1 | 19,8 | 19,7 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 20,2 |
| 1959 | 20,1 | 19,8 | 20,3 | 20,6 | 20,6 | 20,3 | 19,8 | 19,7 | 19,8 | 20,1 | 19,9 | 19,9 |
| 1960 | 20,0 | 20,3 | 20,4 | 20,5 | 20,5 | 22,0 | 19,8 | 19,8 | 19,7 | 19,9 | 20,0 | 20,3 |
| 1961 | 19,9 | 19,9 | 20,5 | 20,7 | 20,8 | 20,2 | 20,0 | 20,0 | 19,9 | 20,1 | 19,9 | 20,1 |
| 1962 | 19,8 | 19,9 | 20,3 | 20,4 | 20,6 | 20,2 | 19,7 | 19,8 | 19,7 | 20,0 | 19,9 | 20,2 |
| 1963 | 19,8 | 19,9 | 20,3 | 20,5 | 20,6 | 20,2 | 19,9 | 19,7 | 19,9 | 20,1 | 20,0 | 20,3 |
| 1964 | 20,0 | 20,0 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 20,1 | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 20,0 | 19,8 | 20,0 |
| 1965 | 19,8 | 20,0 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 19,8 | 19,8 | 19,7 | 19,8 | 20,1 | 19,9 | 20,0 |
| 1966 | 19,9 | 20,1 | 20,4 | 20,6 | 20,4 | 20,1 | 19,7 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 20,1 |
| 1967 | 19,9 | 20,0 | 20,2 | 20,6 | 20,5 | 19,9 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |
| 1968 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,5 | 20,6 | 20,2 | 19,8 | 19,7 | 19,6 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |
| 1969 | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,3 | 19,7 | 19,7 | 19,8 | 20,1 | 20,0 | 20,1 |
| 1970 | 19,9 | 20,1 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,1 | 20,1 | 19,8 | 19,7 | 20,0 | 19,9 | 19,9 |
| 1971 | 19,8 | 19,9 | 20,3 | 20,4 | 20,6 | 19,8 | 19,7 | 19,7 | 19,5 | 19,9 | 20,0 | 19,9 |
| 1972 | 19,9 | 20,0 | 20,2 | 20,6 | 20,6 | 20,2 | 19,9 | 19,8 | 20,0 | 20,2 | 20,1 | 20,2 |
| 1973 | 20,0 | 20,2 | 20,4 | 20,6 | 20,1 | 20,1 | 19,6 | 19,8 | 19,8 | 20,0 | 20,0 | 19,9 |
| 1974 | 19,7 | 19,8 | 20,4 | 20,4 | 20,5 | 20,3 | 19,8 | 19,7 | 19,5 | 19,8 | 20,0 | 20,1 |
| 1975 | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,1 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 20,1 |
| 1976 | 19,8 | 19,7 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,1 | 20,0 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,3 |
| 1977 | 20,1 | 20,1 | 20,4 | 20,7 | 20,6 | 20,2 | 19,9 | 20,0 | 19,9 | 20,4 | 20,1 | 20,2 |
| 1978 | 20,0 | 20,2 | 20,4 | 20,7 | 20,8 | 20,0 | 19,7 | 19,9 | 19,8 | 20,1 | 19,9 | 20,1 |
| 1979 | 20,0 | 20,1 | 20,4 | 20,7 | 20,6 | 20,1 | 20,0 | 20,0 | 19,7 | 20,2 | 20,3 | 20,3 |
| 1980 | 20,2 | 20,1 | 20,5 | 20,7 | 20,9 | 20,2 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,2 |
| 1981 | 19,9 | 20,0 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,0 | 20,1 | 19,9 | 19,9 | 20,2 | 20,1 | 20,1 |
| 1982 | 20,0 | 20,0 | 20,4 | 20,7 | 20,7 | 20,2 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 20,3 |
| 1983 | 20,0 | 20,4 | 20,8 | 20,9 | 20,8 | 20,2 | 19,9 | 19,9 | 19,7 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |
| 1984 | 19,6 | 20,0 | 20,6 | 20,6 | 20,5 | 19,9 | 19,7 | 19,8 | 19,6 | 19,9 | 19,9 | 20,0 |
| 1985 | 19,7 | 20,0 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 20,3 | 19,6 | 19,9 | 19,7 | 20,2 | 20,1 | 20,1 |
| 1986 | 19,9 | 19,9 | 20,4 | 20,7 | 20,6 | 19,9 | 19,5 | 19,5 | 19,7 | 20,1 | 20,1 | 20,3 |
| 1987 | 20,0 | 20,1 | 20,5 | 20,8 | 20,8 | 20,4 | 20,1 | 19,7 | 19,9 | 20,0 | 20,1 | 19,9 |
| 1988 | 19,8 | 20,0 | 20,1 | 20,8 | 20,5 | 20,0 | 19,8 | 19,8 | 19,5 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| 1989 | 19,8 | 19,8 | 20,3 | 20,4 | 20,6 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,8 | 20,0 | 20,1 |
| 1990 | 19,9 | 20,2 | 20,4 | 20,7 | 20,5 | 19,8 | 19,5 | 19,6 | 19,6 | 20,1 | 20,1 | 20,0 |
| 1991 | 19,8 | 19,9 | 20,3 | 20,4 | 20,5 | 20,1 | 19,8 | 19,7 | 19,7 | 19,8 | 19,9 | 19,9 |
| 1992 | 19,9 | 19,9 | 20,3 | 20,5 | 20,4 | 20,1 | 19,6 | 19,8 | 19,8 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |
| 1993 | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 20,1 | 19,7 | 19,8 | 19,6 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |

Annexes

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1994 | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 20,1 | 19,8 | 19,7 | 19,7 | 20,0 | 19,9 | 20,1 |
| 1995 | 19,9 | 20,0 | 20,3 | 20,5 | 20,4 | 20,0 | 19,8 | 19,5 | 19,8 | 19,8 | 19,9 | 19,9 |
| 1996 | 19,5 | 19,7 | 20,3 | 20,3 | 20,5 | 20,0 | 19,4 | 19,3 | 19,6 | 19,7 | 19,8 | 19,9 |
| 1997 | 19,9 | 19,7 | 20,2 | 20,3 | 20,4 | 19,9 | 19,7 | 19,4 | 19,8 | 19,9 | 20,0 | 19,9 |
| 1998 | 19,7 | 19,7 | 20,3 | 20,3 | 20,6 | 19,7 | 19,8 | 20,0 | 19,7 | 20,0 | 19,9 | 19,7 |
| 1999 | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,4 | 20,6 | 20,1 | 19,7 | 19,9 | 19,7 | 20,1 | 20,0 | 20,1 |
| 2000 | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,7 | 20,6 | 20,3 | 20,0 | 20,0 | 19,8 | 20,0 | 19,9 | 20,1 |
| 2001 | 20,0 | 20,0 | 20,5 | 20,6 | 20,6 | 20,0 | 19,8 | 19,8 | 19,7 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |
| 2002 | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 20,1 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |
| 2003 | 19,9 | 20,1 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 20,1 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |
| 2004 | 20,0 | 19,7 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,2 | 19,8 | 19,7 | 19,8 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |
| 2005 | 19,9 | 20,0 | 20,5 | 20,8 | 20,6 | 20,1 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 20,3 | 20,1 |
| Moyenne | 19,9 | 20,0 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 20,1 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 20,0 | 20,0 | 20,1 |

Tableau 1.2 : Températures maximales de la région de Kisangani (en °C)

| Année | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1956 | 30,4 | 30,6 | 31,0 | 30,5 | 31,0 | 29,4 | 28,8 | 28,8 | 29,6 | 29,7 | 30,5 | 29,6 |
| 1957 | 30,4 | 31,2 | 31,0 | 30,8 | 31,5 | 30,4 | 29,5 | 29,4 | 30,3 | 30,0 | 31,2 | 30,0 |
| 1958 | 31,8 | 31,3 | 32,3 | 32,3 | 31,8 | 29,9 | 29,0 | 29,2 | 30,0 | 30,6 | 31,7 | 30,7 |
| 1959 | 30,8 | 31,6 | 31,1 | 31,4 | 31,2 | 29,4 | 28,9 | 28,8 | 30,0 | 29,9 | 30,4 | 30,7 |
| 1960 | 30,6 | 30,7 | 30,8 | 30,6 | 30,8 | 28,8 | 28,7 | 29,2 | 29,9 | 30,1 | 30,7 | 30,5 |
| 1961 | 30,2 | 31,0 | 31,7 | 30,9 | 31,4 | 29,7 | 28,5 | 28,5 | 29,4 | 29,8 | 29,9 | 29,4 |
| 1962 | 29,9 | 31,8 | 30,7 | 30,9 | 31,1 | 29,8 | 29,3 | 28,7 | 29,9 | 29,9 | 30,7 | 30,1 |
| 1963 | 29,6 | 31,2 | 30,9 | 30,7 | 31,1 | 30,2 | 29,1 | 29,4 | 30,3 | 30,5 | 30,2 | 30,0 |
| 1964 | 31,2 | 31,3 | 31,3 | 31,0 | 31,3 | 29,8 | 28,9 | 28,9 | 29,6 | 29,8 | 30,3 | 30,0 |
| 1965 | 30,4 | 30,8 | 30,8 | 30,8 | 31,3 | 29,8 | 28,3 | 28,9 | 30,5 | 29,9 | 30,6 | 30,3 |
| 1966 | 31,2 | 31,4 | 31,4 | 30,7 | 31,5 | 30,1 | 29,0 | 29,2 | 29,8 | 30,3 | 29,9 | 30,3 |
| 1967 | 31,2 | 31,9 | 31,9 | 31,7 | 31,2 | 30,0 | 28,4 | 28,7 | 29,3 | 29,5 | 29,8 | 30,1 |
| 1968 | 30,8 | 31,3 | 30,6 | 30,7 | 30,8 | 29,5 | 29,1 | 29,2 | 29,9 | 29,6 | 30,7 | 30,0 |
| 1969 | 30,3 | 31,2 | 31,4 | 31,9 | 31,2 | 30,2 | 29,0 | 29,2 | 30,1 | 30,4 | 30,6 | 30,6 |
| 1970 | 31,3 | 32,3 | 31,4 | 31,6 | 31,4 | 30,4 | 29,1 | 29,2 | 30,3 | 30,2 | 30,6 | 30,1 |
| 1971 | 30,5 | 31,9 | 31,4 | 30,7 | 31,7 | 30,1 | 28,8 | 29,0 | 29,6 | 29,8 | 30,1 | 29,8 |
| 1972 | 30,3 | 31,1 | 31,6 | 31,0 | 31,1 | 30,1 | 29,8 | 29,4 | 30,8 | 30,5 | 30,4 | 30,8 |
| 1973 | 31,8 | 32,7 | 33,2 | 31,8 | 31,3 | 30,3 | 29,3 | 29,3 | 29,9 | 30,7 | 30,9 | 30,5 |
| 1974 | 30,8 | 31,9 | 31,6 | 31,5 | 30,7 | 30,2 | 28,5 | 29,5 | 29,4 | 30,7 | 30,7 | 30,2 |
| 1975 | 30,6 | 31,8 | 31,4 | 31,1 | 31,2 | 29,7 | 28,6 | 28,7 | 29,1 | 29,6 | 30,6 | 30,2 |
| 1976 | 31,3 | 30,8 | 31,2 | 30,8 | 31,1 | 29,8 | 28,6 | 28,9 | 30,2 | 30,4 | 30,5 | 30,5 |
| 1977 | 31,1 | 31,2 | 30,9 | 31,4 | 31,3 | 29,9 | 29,2 | 29,6 | 30,6 | 30,4 | 30,4 | 30,3 |
| 1978 | 31,2 | 32,7 | 31,8 | 31,0 | 31,8 | 29,9 | 28,8 | 29,0 | 29,7 | 30,0 | 30,7 | 30,4 |
| 1979 | 31,5 | 30,2 | 30,5 | 30,1 | 30,4 | 29,5 | 29,2 | 29,1 | 29,4 | 29,8 | 30,4 | 29,6 |
| 1980 | 31,2 | 31,8 | 31,1 | 31,7 | 30,3 | 29,1 | 28,5 | 28,4 | 29,7 | 29,9 | 29,9 | 30,1 |
| 1981 | 30,2 | 30,9 | 30,8 | 30,8 | 30,7 | 29,6 | 28,4 | 28,5 | 29,5 | 29,9 | 30,3 | 30,1 |
| 1982 | 30,9 | 30,9 | 31,5 | 30,7 | 30,3 | 29,7 | 28,7 | 28,9 | 29,6 | 29,3 | 30,3 | 30,2 |
| 1983 | 30,5 | 32,6 | 31,8 | 30,9 | 31,0 | 29,6 | 29,4 | 28,9 | 29,6 | 29,6 | 30,6 | 29,6 |
| 1984 | 30,1 | 31,9 | 31,1 | 31,0 | 30,5 | 29,7 | 28,6 | 28,9 | 29,8 | 30,3 | 30,2 | 30,2 |
| 1985 | 31,8 | 30,3 | 30,5 | 29,9 | 30,5 | 29,5 | 29,3 | 29,0 | 29,1 | 30,0 | 30,6 | 29,6 |
| 1986 | 30,9 | 31,2 | 31,2 | 30,7 | 31,0 | 29,8 | 28,8 | 29,6 | 29,7 | 30,1 | 30,6 | 30,1 |
| 1987 | 31,3 | 31,3 | 31,6 | 31,9 | 31,3 | 30,3 | 29,4 | 30,1 | 30,2 | 30,4 | 30,9 | 31,0 |
| 1988 | 30,9 | 32,4 | 31,6 | 30,7 | 31,5 | 30,2 | 28,9 | 28,9 | 29,4 | 29,9 | 30,2 | 30,2 |
| 1989 | 28,8 | 31,1 | 30,9 | 30,9 | 30,4 | 29,8 | 29,0 | 28,5 | 29,3 | 29,7 | 30,7 | 30,3 |
| 1990 | 29,9 | 31,4 | 31,6 | 31,9 | 31,4 | 30,6 | 29,1 | 28,9 | 29,7 | 30,0 | 30,5 | 30,2 |
| 1991 | 30,3 | 31,6 | 31,9 | 31,5 | 31,3 | 30,7 | 29,0 | 29,1 | 30,1 | 30,3 | 31,0 | 30,2 |
| 1992 | 31,0 | 31,8 | 31,9 | 31,7 | 30,6 | 30,1 | 29,0 | 28,8 | 29,6 | 29,9 | 30,8 | 30,2 |
| 1993 | 29,7 | 29,8 | 31,5 | 30,7 | 30,9 | 30,2 | 29,5 | 30,4 | 29,2 | 29,4 | 32,2 | 30,8 |
| 1994 | 29,8 | 31,4 | 31,2 | 31,4 | 31,4 | 28,7 | 27,9 | 29,0 | 29,8 | 28,5 | 29,2 | 29,9 |
| 1995 | 30,2 | 31,6 | 31,9 | 31,2 | 31,4 | 30,5 | 29,2 | 30,6 | 29,2 | 31,2 | 31,5 | 30,9 |
| 1996 | 31,2 | 31,6 | 30,9 | 31,2 | 31,1 | 30,2 | 29,4 | 29,9 | 30,0 | 30,9 | 31,0 | 30,4 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1997 | 31,6 | 31,6 | 31,7 | 31,6 | 31,7 | 30,5 | 29,9 | 29,5 | 31,9 | 31,2 | 32,0 | 31,2 |
| 1998 | 31,5 | 31,7 | 31,9 | 32,2 | 30,9 | 30,6 | 29,5 | 29,2 | 30,4 | 29,5 | 31,3 | 30,3 |
| 1999 | 30,2 | 32,3 | 30,9 | 31,1 | 30,6 | 30,4 | 29,1 | 28,7 | 28,9 | 29,0 | 30,8 | 30,2 |
| 2000 | 31,4 | 28,6 | 31,8 | 32,4 | 31,5 | 30,5 | 29,1 | 30,4 | 30,3 | 30,7 | 31,8 | 30,2 |
| 2001 | 31,6 | 33,2 | 31,9 | 32,5 | 33,3 | 30,8 | 29,9 | 30,2 | 30,4 | 32,7 | 31,3 | 30,8 |
| 2002 | 31,4 | 31,7 | 32,3 | 32,8 | 31,5 | 31,9 | 31,2 | 31,1 | 31,5 | 30,1 | 31,9 | 31,3 |
| 2003 | 30,7 | 32,0 | 32,1 | 32,3 | 32,8 | 30,5 | 29,7 | 29,9 | 30,9 | 32,1 | 31,8 | 32,9 |
| 2004 | 31,7 | 32,2 | 33,0 | 31,7 | 31,4 | 31,1 | 30,0 | 30,0 | 30,3 | 30,4 | 31,3 | 30,5 |
| 2005 | 30,2 | 33,7 | 33,1 | 33,2 | 31,7 | 31,6 | 29,6 | 29,9 | 30,9 | 30,6 | 32,3 | 32,8 |
| Moyenne | 30,8 | 31,5 | 31,5 | 31,3 | 31,2 | 30,1 | 29,1 | 29,3 | 29,9 | 30,2 | 30,8 | 30,4 |

Tableau 1.3 : Précipitations de la région de Kisangani (en mm)

| Année | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1956 | 35,5 | 196,3 | 149,4 | 173,9 | 177,5 | 107,8 | 52,3 | 243,0 | 91,0 | 193,9 | 87,0 | 218,5 |
| 1957 | 94,2 | 114,5 | 202,4 | 286,6 | 103,5 | 122,1 | 112,8 | 151,4 | 106,0 | 203,3 | 163,4 | 346,2 |
| 1958 | 118,2 | 130,7 | 67,2 | 167,1 | 213,4 | 165,8 | 95,1 | 170,0 | 97,6 | 211,8 | 110,8 | 168,2 |
| 1959 | 182,6 | 47,0 | 56,7 | 265,8 | 175,9 | 58,6 | 129,9 | 98,3 | 216,7 | 132,6 | 206,6 | 66,4 |
| 1960 | 164,2 | 138,4 | 123,9 | 158,2 | 215,2 | 177,5 | 100,6 | 88,2 | 235,1 | 258,2 | 206,5 | 83,7 |
| 1961 | 120,1 | 62,1 | 99,6 | 154,8 | 120,6 | 70,3 | 95,2 | 265,1 | 289,8 | 278,1 | 240,5 | 170,5 |
| 1962 | 28,0 | 28,5 | 234,6 | 258,6 | 86,8 | 74,4 | 169,8 | 146,4 | 125,4 | 127,4 | 102,7 | 114,0 |
| 1963 | 165,3 | 165,7 | 130,1 | 154,0 | 220,2 | 60,2 | 119,1 | 146,6 | 187,2 | 204,9 | 263,4 | 95,9 |
| 1964 | 88,6 | 114,8 | 127,7 | 199,2 | 227,3 | 42,2 | 234,0 | 185,9 | 80,3 | 245,2 | 179,5 | 144,3 |
| 1965 | 62,2 | 106,8 | 236,3 | 199,5 | 81,1 | 93,9 | 173,8 | 115,9 | 165,4 | 213,4 | 298,5 | 179,6 |
| 1966 | 126,9 | 106,1 | 116,8 | 315,1 | 108,2 | 145,2 | 83,0 | 171,0 | 117,5 | 207,0 | 237,4 | 54,4 |
| 1967 | 41,2 | 27,8 | 224,1 | 145,2 | 94,8 | 206,4 | 105,1 | 205,2 | 232,5 | 245,6 | 281,8 | 108,3 |
| 1968 | 69,3 | 107,4 | 151,9 | 223,3 | 126,2 | 58,1 | 84,7 | 143,8 | 206,2 | 230,1 | 139,6 | 205,8 |
| 1969 | 171,8 | 139,1 | 253,6 | 147,4 | 100,2 | 66,2 | 193,7 | 128,6 | 199,0 | 217,2 | 206,3 | 68,1 |
| 1970 | 173,2 | 73,9 | 124,0 | 164,9 | 135,6 | 150,4 | 84,1 | 110,0 | 277,8 | 199,8 | 151,4 | 42,9 |
| 1971 | 74,6 | 34,3 | 214,7 | 80,2 | 103,3 | 105,7 | 116,6 | 123,3 | 245,8 | 235,4 | 191,9 | 69,0 |
| 1972 | 93,3 | 136,4 | 127,0 | 213,5 | 311,0 | 192,5 | 124,0 | 149,8 | 200,8 | 238,1 | 273,1 | 42,1 |
| 1973 | 99,7 | 147,6 | 97,5 | 186,1 | 283,0 | 94,4 | 97,8 | 123,3 | 101,3 | 94,5 | 194,1 | 152,2 |
| 1974 | 88,5 | 112,7 | 199,6 | 99,7 | 257,0 | 90,3 | 61,5 | 135,2 | 163,0 | 101,2 | 126,3 | 72,5 |
| 1975 | 44,2 | 64,8 | 123,8 | 201,2 | 101,9 | 39,6 | 85,9 | 86,8 | 162,6 | 231,6 | 169,6 | 131,6 |
| 1976 | 14,0 | 148,3 | 66,4 | 205,6 | 154,1 | 68,3 | 102,7 | 219,7 | 186,1 | 134,0 | 223,6 | 195,0 |
| 1977 | 23,7 | 42,4 | 157,1 | 143,2 | 168,8 | 132,8 | 58,8 | 201,0 | 175,4 | 145,1 | 190,1 | 190,6 |
| 1978 | 109,9 | 105,2 | 109,1 | 217,4 | 126,1 | 251,8 | 131,6 | 170,4 | 120,1 | 328,7 | 135,9 | 140,5 |
| 1979 | 42,9 | 83,3 | 107,2 | 148,3 | 134,8 | 61,7 | 46,7 | 80,5 | 189,1 | 236,9 | 75,1 | 149,5 |
| 1980 | 88,9 | 43,2 | 125,3 | 286,4 | 139,0 | 177,9 | 173,5 | 91,7 | 139,2 | 114,9 | 190,9 | 105,7 |
| 1981 | 183,2 | 42,7 | 277,4 | 112,4 | 167,0 | 180,4 | 86,9 | 130,0 | 238,4 | 186,9 | 63,0 | 91,3 |
| 1982 | 66,7 | 168,6 | 157,0 | 105,0 | 215,5 | 123,6 | 83,1 | 113,0 | 148,7 | 258,9 | 101,6 | 57,1 |
| 1983 | 19,7 | 51,7 | 96,5 | 122,3 | 144,3 | 120,5 | 142,3 | 170,3 | 36,7 | 335,8 | 187,8 | 157,9 |
| 1984 | 59,4 | 139,4 | 131,6 | 161,1 | 130,4 | 106,2 | 102,3 | 195,6 | 130,1 | 160,4 | 191,2 | 59,2 |
| 1985 | 52,6 | 42,5 | 90,7 | 204,2 | 162,2 | 85,7 | 133,7 | 145,7 | 165,0 | 206,7 | 126,6 | 105,1 |
| 1986 | 69,8 | 95,9 | 178,7 | 226,0 | 189,4 | 66,3 | 186,2 | 92,5 | 248,7 | 126,9 | 238,7 | 43,0 |
| 1987 | 60,2 | 191,6 | 140,1 | 87,1 | 236,8 | 103,2 | 116,0 | 84,8 | 232,5 | 179,0 | 328,2 | 212,5 |
| 1988 | 88,4 | 88,9 | 149,8 | 157,4 | 188,9 | 61,9 | 117,9 | 95,1 | 199,2 | 323,6 | 209,6 | 211,0 |
| 1989 | 12,4 | 74,9 | 107,2 | 128,2 | 130,9 | 88,1 | 58,7 | 121,8 | 136,7 | 263,4 | 164,6 | 120,6 |
| 1990 | 49,7 | 97,9 | 179,3 | 112,2 | 103,8 | 85,0 | 106,2 | 148,0 | 138,0 | 158,7 | 192,4 | 185,9 |
| 1991 | 37,8 | 99,4 | 145,3 | 213,9 | 116,0 | 81,0 | 63,9 | 156,0 | 180,0 | 264,1 | 141,8 | 134,6 |
| 1992 | 47,5 | 160,7 | 95,6 | 219,6 | 200,4 | 59,9 | 125,7 | 85,7 | 351,0 | 202,9 | 128,5 | 82,2 |
| 1993 | 102,0 | 110,1 | 136,6 | 148,5 | 223,3 | 180,3 | 117,1 | 334,6 | 140,5 | 183,1 | 225,1 | 184,0 |
| 1994 | 193,5 | 118,8 | 45,7 | 226,4 | 205,1 | 141,2 | 80,1 | 100,2 | 37,3 | 39,4 | 227,0 | 145,8 |
| 1995 | 45,0 | 137,6 | 92,6 | 289,2 | 243,2 | 164,6 | 96,7 | 100,8 | 241,0 | 302,7 | 219,4 | 290,0 |
| 1996 | 47,0 | 51,9 | 299,3 | 60,5 | 121,4 | 91,1 | 75,5 | 115,1 | 161,0 | 182,1 | 34,2 | 117,2 |
| 1997 | 79,0 | 62,5 | 143,3 | 247,1 | 142,1 | 102,3 | 119,1 | 141,0 | 176,0 | 208,0 | 189,0 | 119,0 |
| 1998 | 80,0 | 58,4 | 121,6 | 131,6 | 192,2 | 147,7 | 135,3 | 147,5 | 155,2 | 199,2 | 153,2 | 119,0 |

Annexes

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1999 | 44,1 | 95,0 | 94,9 | 172,6 | 214,5 | 101,0 | 98,6 | 163,5 | 168,4 | 216,3 | 229,8 | 68,5 |
| 2000 | 79,6 | 54,2 | 97,3 | 191,1 | 151,5 | 126,1 | 116,6 | 133,5 | 142,8 | 222,7 | 210,9 | 119,3 |
| 2001 | 80,0 | 95,0 | 125,5 | 202,2 | 149,2 | 107,4 | 116,0 | 136,6 | 159,5 | 208,0 | 189,2 | 126,3 |
| 2002 | 73,3 | 104,6 | 183,0 | 172,0 | 152,7 | 107,0 | 115,2 | 140,0 | 176,3 | 209,6 | 188,0 | 119,2 |
| 2003 | 101,7 | 95,0 | 134,2 | 172,0 | 159,0 | 107,0 | 74,7 | 183,4 | 174,3 | 193,8 | 189,4 | 99,2 |
| 2004 | 84,6 | 74,5 | 102,4 | 176,3 | 159,6 | 107,0 | 113,5 | 141,0 | 160,5 | 208,0 | 189,0 | 92,6 |
| 2005 | 80,0 | 95,0 | 158,4 | 184,5 | 159,0 | 105,9 | 116,0 | 141,0 | 169,5 | 205,6 | 135,7 | 119,4 |
| Moyenne | 83,2 | 97,7 | 142,2 | 180,4 | 164,5 | 111,3 | 110,6 | 145,4 | 171,6 | 205,5 | 182,0 | 129,9 |