

Similitude Et Modelisation Sol/Atmosphere Des Eaux Souterraines Et Aeriennes Du Territoire De Walungu En Province Du Sud-Kivu/Rdc

Ladislav MOSANGE KATIBIBI ¹ Département Electrotechnique/ISTA BUKAVU à BURHUZA
Albert KABASELE YENGA YENGA ² Département de Physique /UPN KINSHASA, RDCongo
Joseph CIMBELA KABONGO ³ Département de Physique /UPN KINSHASA, RDCongo
Bertin KAMGANG SIMPLICE ⁴ Département de Telecom /UPN ETS KINSHASA, RDCongo
Evariste KAZADI TSHIAMALA ⁵ Département de Physique Spatiale UPN/KINSHASA, RDCongo

RESUME

Contexte : Dans notre Publication intitulée ' Similitude et Modélisation Sol/ Atmosphère des Eaux Souterraines et des Aériennes en Territoire de Walungu, nous allons étudier les interactions entre les Aériennes et les Souterraines

Matériel et Méthodes : Cette étude nous amène à découvrir le comportement des 18 sources échantillon dans le Territoire de Walungu. En premier lieu on a eu à prélever les Coordonnées GPS des différentes Sources, les Analyses Physico-Chimiques et Bactériologiques, calculer les différents Débits aux différentes Saisons et Années

Nous utilisons la Télémétrie par Satellites des Données ASCII NOAA sur une Période allant de 1960 à 2020 Soit 60 ans. Les relations modélisées de l'Hydraulique (Souterraines et Aériennes) dans le temps et dans l'Espace par des Techniques de Régression, l'ANOVA et la Méthode de Lagrange.

Résultats : Ces Analyses nous ont amené à trouver les Corrélations les Différentes Variables Atmosphériques et Souterraines qui nous a donné différents Diagrammes, Tableaux, Histogrammes, Nuages Etc.....

Conclusion : Nous avons eu Trouver les liens ou corrélations existants entre différents paramètres Aériens à Savoir : Evapotranspiration Potentielle (ETP), Evaporation (EEL), Déficit en Eau Aérienne (DEA), Précipitations (PPmm) et les Paramètres Souterrains qui sont le Ruissellement (RUISS), Stock d'Eau Source (SES), Stock Eau de Terre ou la boue (SET) Etc.....

Mots clés : Similitude, Souterraines, Atmosphère, Aériennes.

Date of Submission: 26-01-2022

Date of Acceptance: 07-02-2022

I. Introduction

Il s'agit dans cette publication scientifique de réaliser une similitude et Modèle Sol-Atmosphère des Eaux des Sous Bassins en Confrontant :

- D'une part dans l'Atmosphère les Variables Aériennes telles que les Précipitations locales PPmm, les Evapotranspirations Potentielles ETP de l'Herbe, le Déficit en Eau Aérienne Locale (DEA), et ce, toutes ces variables obtenues par Télémétrie Satellitaire ; et,

- De l'autre part, les Variables Hydriques du Sol et du Sous-Sol telles que le Débit des Sources, la Conductivité Electrique des Eaux et la Température de l'Eau à la Source toutes mesurées sur terrain In Situ, en plus des Données Satellitaires NOAA comme les Ruissellements, l'Evaporation des Eaux Libres (EEL) de Surface, la Température du Sous-Sol (TSS) à 2m de Profondeur, le Stock d'eau Souterraine (SES) et de la Boue Terre (SET), complétées par des Variables Hydrauliques Calculées de DARCY comme le Gradient Hydraulique en mètre-altitude/mètre-distance portée, la Perméabilité ou le Coefficient d'Infiltration des eaux du Sol, les Pertes Hydrauliques, la Vitesse Apparente de Remontée des Eaux Souterraines.

II. Méthodes et Matériels

A. Milieu d'étude : Le Territoire de Walungu est situé en Province de Sud-Kivu, plus précisément à 56Km de la Ville de Bukavu (Chef-lieu de la Province), à l'Est de la République Démocratique du Congo. Sud Kivu partage ses frontières internes avec les Provinces du Nord Kivu, du Maniema et du Katanga. Le Sud Kivu a une superficie de 69.130 Km² et est situé approximativement entre 1^o 36' de latitude Sud et 5^o de latitude Sud d'une part et 26^o 47' de longitude Est et 29^o 20' de longitude Est d'autre part.

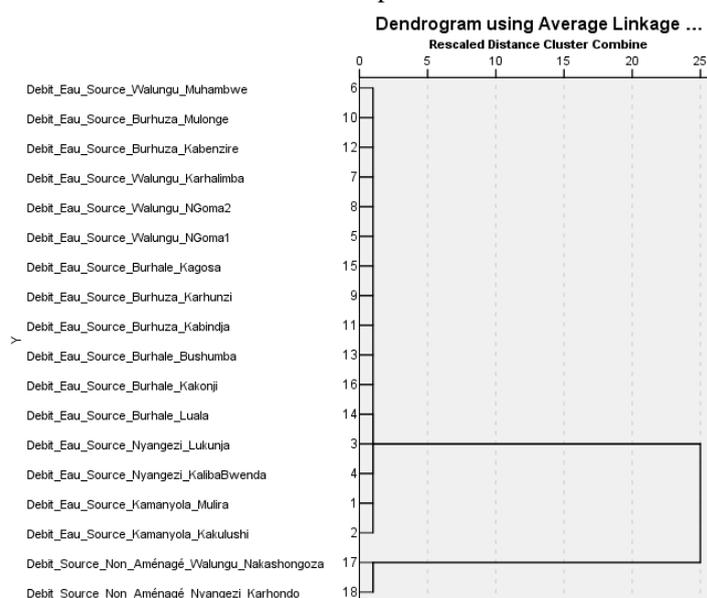
B. Sources des données : Nous avons eu à Traiter les Données par les Techniques Suivantes : La Télémétrie par Satellites des Données ASC II NOAA est une aubaine pour nous Chercheurs Congolais, les Coordonnées GPS qui m'a permis à trouver les Altitudes, Latitudes ainsi que les Longitudes,

C. Traitement des Données : On avait 2 GPS sur terrain (GARMIN 10 et GARMIN 30), mais lors du traitement des données on a pris en compte les valeurs du GARMIN 30 supposé plus fiable. Les Données Hydrauliques (Aériennes et Souterraines) ont été fournies par le Satellites NOAA à travers NCEI, après avoir introduit les Données on a choisi le modèle IGRF (1960-2020) . Mes Données sont Mensuelles.

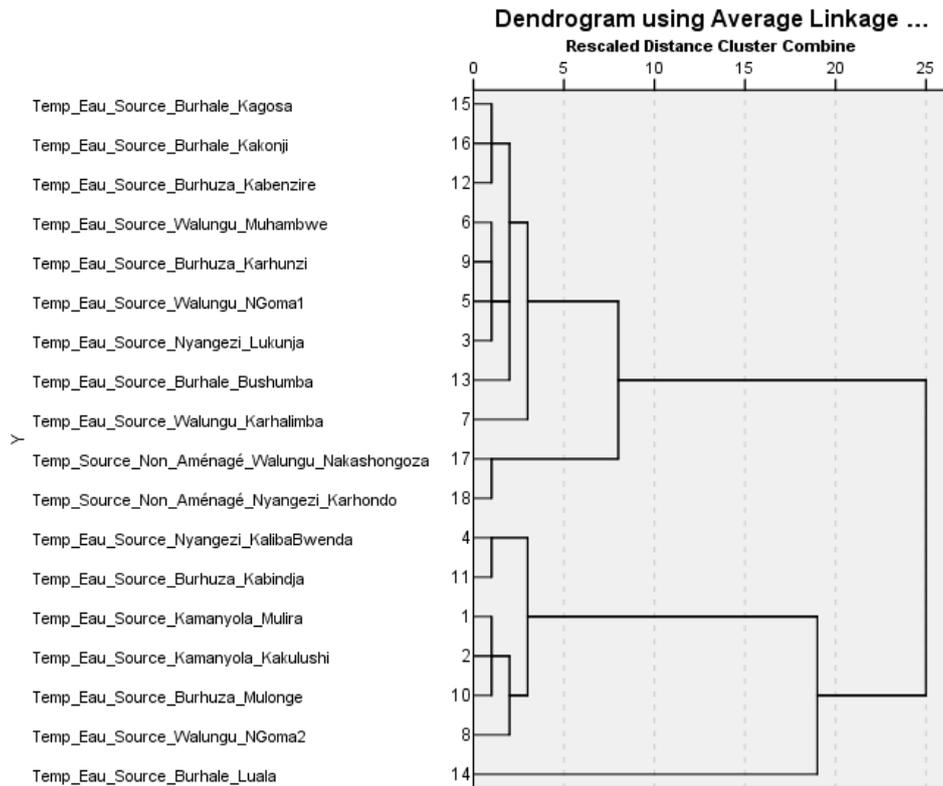
III . Résultats et Discussion

N°	Variables Atmosphériques	Symbole	Unité/mois	Source	Type des Données
1	Evapotranspirations Potentielles	ETP	tH2O/ha	Satellite NOAA	ASCII, pixel 0,6*0,25°
2	Précipitations	PP	tH2O/ha	Satellite NOAA	ASCII, pixel 0,6*0,25°
3	Déficit en Eau Aérienne	DEA	tH2O/ha	Satellite NOAA	ASCII, pixel 0,6*0,25°
MODELE NUMERIQUE DU CYCLE DES EAUX SOL/ATMOSPHERE SUR WALUNGU					
Système d'Alerte Précoce SAP par ANOVA, ARIMA et par la Quadratique Polynomiale de LAGRANGE					
N°	Variables Sol et Sous-Sol	Symbole	Unité/mois	Source	Type des Données
1	Débit des Eaux de Source	D	Litre/Sec	Mesure in situ	Numérique/mois
2	Conductivité Electrique des Eaux de Source	Σ	Siemens*S par Cm	Mesure in situ Labo Regideso/Murhundu	Numérique/mois
3	Ruissellement des Eaux Libres en Surface	RUIS	tH2O/ha	Satellite NOAA	ASCII, pixel 0,6*0,25°
4	Evaporation des Eaux Libres	EEL	tH2O/ha/J	Satellite NOAA	ASCII, pixel 0,6*0,25°
5	Température Eaux Source	TES	°C	Mesure in situ	Numérique/mois
6	Température Sous-Sol 2m	TSS	°C	Satellite NOAA	ASCII, pixel 0,6*0,25°
7	Stock Eau Souterraine	Stock-ES	tH2O/ha	Satellite NOAA	ASCII, pixel 0,6*0,25°
8	Stock Eau de Terre (Boue)	Stock-ET	tH2O/ha	Satellite NOAA	ASCII, pixel 0,6*0,25°
9	Perméabilité ou Conductivité Hydraulique ou Coefficient d'Infiltration	Vitesse V = K	m/S	$K = \frac{\text{Débit}}{\text{Section BV}}$ En nano ou pico m/Sec	Calcul sur fond SIG avec ARC GIS
10	Gradient Hydraulique « i »	I	m/m	$i = -\frac{\Delta H}{L}$	Calcul Topographique
11	Pertes ou Rétention Hydrauliques du Bassin	∇p	Tonne*m/S	$\nabla p = -\frac{D * \mu}{k}$	Calcul Hydraulique de DARCY

Tableau 1.1. Le Profil mensuel des variables atmosphériques et variables sol et sous-sol Généralisation et Réduction des Axes des Données Géo Spatiales des Sous Bassins sur WALUNGU

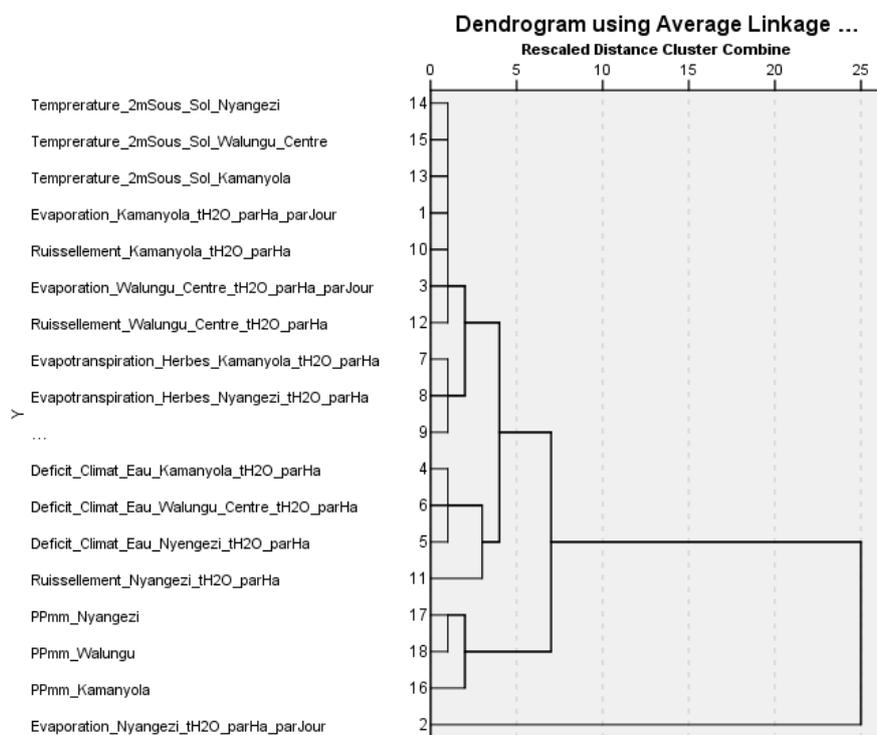


Graphique 2.1. Le Graphique montre trois groupes, le premier qui va du débit eau source Walungu Muhambwe jusqu'au débit eau source Kamanyola Kakulushi, deuxième va du débit eau source non aménagée Walungu Nakashongoza à la source Nyangezi Karhondo et le troisième débit eau source Nyangezi Lukunja jusqu'à la source non aménagée Nakashongoza dans le rapport de 1/25



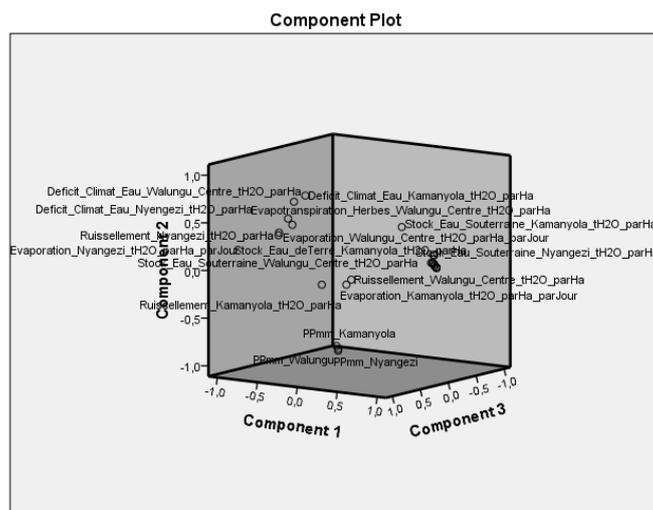
Graphique 2.2

La Température de l'Eau des Sources se classe en trois sous bassins neurones : Walungu-Centre (Neurone Burhuza-Kabindja), Nyangezi (neurone Lukunja) et Kamanyola (Neurone Mulira) ;



Graphique 2.3

Idem, Les Variables Thermo-hydrauliques des Sources se classifient en trois sous bassins neurones : Walungu-Centre WC, Nyangezi Nya et Kamanyola Kam;



Graphique 2.4

Donc, trois Axes d'Analyse en Composantes Principales (ACP) se dégagent comme Base de Réduction des Données disséminées sur dix-huit sources sur tout WALUNGU, mais des Données Réduites en seulement trois Sources Strates à savoir : WC WALUNGU-CENTRE, Nya NYANGEZI, Kam KAMANYOLA.

Modèle Mensuel Saisonnier/60ans	Variables Principales	Variables Dérivées (Xi)	Fonction	BV Bassin
AIR-ANOVA	Précipitations PPmm en t/ha	ETP Evapotranspiration Potentielle en t/ha	PP=PP(ETP)	WC
AIR-ANOVA	Précipitations PPmm en t/ha	EEL Evaporation des Eaux Libres en t/ha	PP=PP(EEL)	Idem WC
AIR-ANOVA	Précipitations PPmm en t/ha	DEA Déficit en Eaux Aériennes en t/ha	PP=PP(DEA)	Idem WC
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	TES Température Eau de Source en °C	D=D(TES)	WC, Nya, Kam
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	TSS Température Sous-Sol 2m en °C	D=D(TSS)	Idem
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	RUIS Ruissellements en t/ha	D=D(RUIS)	Idem
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	SES Stock Eau Souterraine en t/ha	D=D(SES)	Idem
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	SET Stock Eau Terre ou Boue en t/ha	D=D(SET)	Idem
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	RE Réention d'Eau en t/ha	D=D(RE)	Idem
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	Gradient Hydraulique GradH	D=D(GradH)	Idem
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	CE Conductivité Electrique siemens*Sec/Cm	D=D(CE)	Idem
Souterrain ANOVA	Débit en Litre/Sec	K Perméabilité ou Conductivité Hydraulique en nano ou pico m/Sec	D=D(K)	Idem
AIR/Souterrain Quadratique de Lagrange	Précipitations PPmm en t/ha	Débit de Source (Litre/Sec)	PP =PP(D)	WC, Nya, Kam
Souterrain/AIR Quadratique de Lagrange	Débit de Source (Litre/Sec)	Précipitations PPmm en t/ha	D= D(PP)	WC, Nya, Kam
AIR/ARIMA	Précipitations PPmm en t/ha	Précipitations PPmm en t/ha	PP+ = PP(PP-)	WC, Nya, Kam
Souterrain/ARIMA	Débit de Source (Litre/Sec)	Débit de Source (Litre/Sec)	D+ = D(D-)	WC, Nya, Kam
Symboles	BV Bassin Versant, WC WALUNGU CENTRE, Nya NYANGEZI, Kam Kamanyola			

Tableau 1.2.Modèle Mensuel Saisonnier de 60ans en fonction des variables AIR-ANOVA, Souterrain-ANOVA, AIR/Souterrain Quadratique de Lagrange, Souterrain –AIR Quadratique de Lagrange, AIR/ARIMA et enfin Souterrain/ARIMA

III.1.Modélisation Aéro-Hydrigue des Eaux du Grand Sous Bassin de WALUNGU-CENTRE

III.1.1.Lecture des Variables Aéro-Hydrigues du Grand Sous Bassin de WALUNGU-CENTRE

Ce Bassin Comprend onze Sources d'Eau Souterraine regroupées en Petits Sous Bassin qui sont : BURHUZA-KABINDJA, MULONGE, KARHUNZI, NGOMA1, NGOMA2, NAKASHONGOZA, KABENZIRE, LUALA, KANKOJI, BUSHUMBA ET MUHAMBWE (voir Carte MNT...)

Selon le modèle ANOVA Mensuel/Saisonnier dans l’AIR

Modèle Mensuel Saisonnier/60ans	Variables Principales	Variables Dérivées (Xi)	Fonction	BV Bassin
AIR-ANOVA	Précipitations PPmm en t/ha	ETP Evapotranspiration Potentielle en t/ha	PP=PP(ETP)	WC
AIR-ANOVA	Précipitations PPmm en t/ha	EEL Evaporation des Eaux Libres en t/ha	PP=PP(EEL)	Idem WC
AIR-ANOVA	Précipitations PPmm en t/ha	DEA Déficit en Eaux Aériennes en t/ha	PP=PP(DEA)	Idem WC

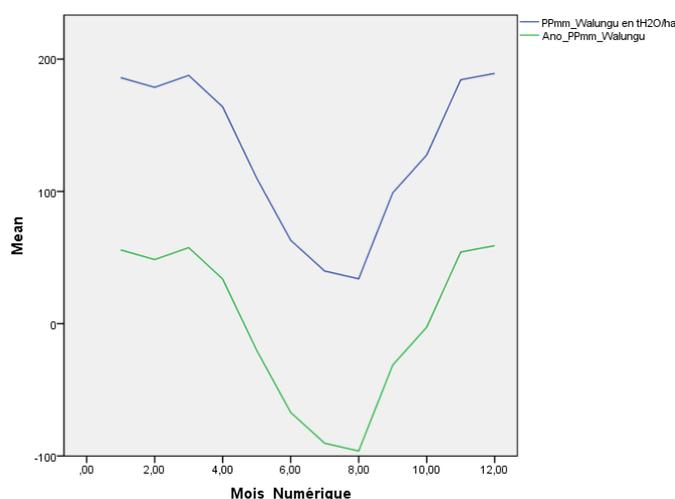
Tableau 1.3. Profil Mensuel/Saisonnier dans l’air pendant 60ans par Modèle ANOVA de la variation des précipitations en fonction de l’Evapotranspiration Potentielle(ETP),Evaporation des Eaux Libres(EEL) et Déficit en Eau Aérienne (DEA)

BILAN DES EAUX AERIENNES SUR WALUNGU Source BURHUZA-KABINDJA, Thèse de Doctorat Ass. Ladislav Mosange UPN-2022

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
PPmm_Walungu en tH2O/ha	1209	,0000	716,4000	130,191894	86,8636045
Evaporation_Walungu_Centre en tH2O/ha/Jour	1212	,00000	327,37000	24,0648030	34,77114531
Deficit_Climat_Eau_Walungu_Centre en tH2O/ha	1212	,00000	310,70000	51,9457121	55,91972725
Evapotranspiration_Herbes_Walungu_Centre en tH2O/ha	1212	,02000	184,01000	63,5375634	40,28852530
Valid N (listwise)	1209				

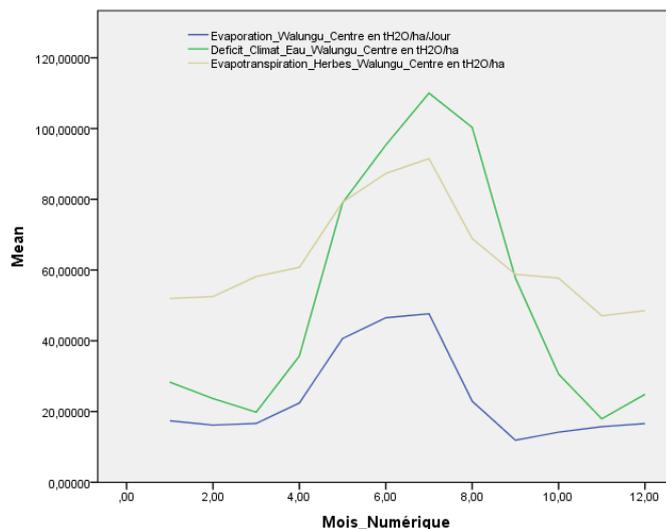
Tableau 1.4. Il ressort de l’analyse des données que les variables des Eaux Aériennes du Sous Bassin Kabindja sont excentrées et périodiquement trop auto-distantes de leurs maximums et minimums, au point où certaines moyennes sont proches et/ou inférieurs à l’écart type ;

Car, l’apparition des valeurs maximales trop élevées autour de la moyenne dans la série mensuelle de plus de Cinquante ans en lien avec les faits aléatoires naturels de plus en plus frappés par le Chaos Climatique, explique en effet cette grande distorsion avec l’écart-type de fois plus élevé que la moyenne en certains cas (voir la Variable Evaporation, Déficit Aérien en Eau, Stock d’Eau, etc.) comme le démontre les tableaux de Bilan des Eaux de WALUNGU CENTRE Et BURHALE, et ce, sans biaiser comme nous allons le constater la loi de Conservation Saisonnière hydro-climatique des écoulements dans le Bassin Versant.



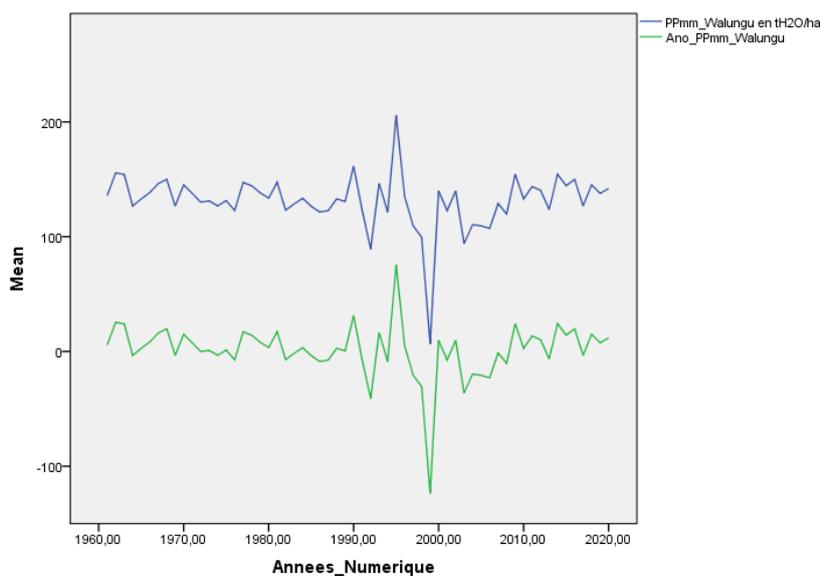
Graphique 2.5.

Le Profil Mensuel des Précipitations PPmm et ses anomalies sur Walungu témoigne d'une saison sèche de Mai à Septembre ;



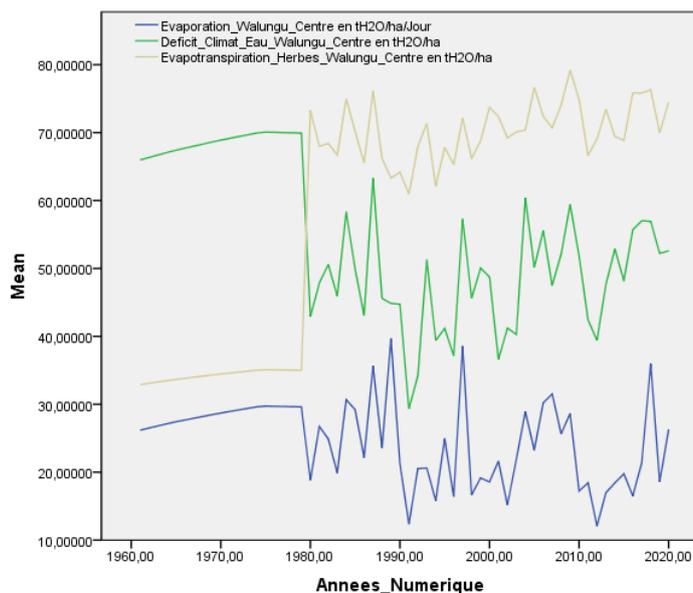
Graphique 2.6

Sur Walungu, l'Evapotranspiration Potentielle ETP, le Déficit en Eau Aérienne DEA et l'Evaporation des Eaux Libres EEL atteignent les Maxima des Valeurs en Eau dans l'Atmosphère en Saison Sèche !



Graphique2.7

En dehors des années déluges 1995/1997 et des rudes sécheresses 1997/1999, les Précipitations sur Walungu gardent une certaine Stabilité de 1960 jusqu'à ce jour ;



Graphique2.8

Le Profil annuel montre que l’ETP Wal centre est élevée jusqu’à 1980 et commence à diminuer jusqu’à garder sa stabilité jusqu’à présent contrairement au DEA qui connaît une hausse à partir de 1980 pour de stabiliser jusqu’à présent et enfin l’EEL quoi qu’avec sa valeur inférieure était stable jusqu’à 1980 et connaît des fluctuations jusqu’à présent.

Principe du Cycle de l’Eau Aérienne, Genèse et Justification des Sources d’Eau Souterraine

Le Bilan du Cycle des Eaux :

[Evapotranspiration Potentielle ETP (Source des Eaux de Transpiration Végétales vers l’Atmosphère)] = [Précipitations PPmm Locales in situ (Source Végétation Locale in situ) + Précipitations PPmm Extérieure à 11% (Apport par les Vents) – Déficit en Eau Aérienne DEA (Eaux Aériennes Séchées par les Vents)] (1);

En outre,

[Ruissellements RUIS des Eaux dans Bassin Versant vers les Talwegs et Cours d’Eau – Evaporation des Eaux Libres EEL (Eaux de Surface Séchées par les Ilots de Chaleur Solaire au Sol)] = [Infiltrations des Eaux dans le Sous-Sol = Stock en Eau Souterraine (SES) + Stock en Eau de Terre (SET) ou la Boue] = [Rétention RET en Eau de Nappe qui nourrit à son Tour la Végétation Pourvoyeuse des Eaux ETP à l’Atmosphère – Débit en Desserte des Eaux de Source pour la Population Rurale] (2);

Soit,

Car, constat fait à WALUNGU au fil des ans (voir Graphiques....), les eaux célestes de Transpiration Végétale ETP autour de 64t/ha, d’Evaporation Libre EEL autour de 24t/ha et de Déficit en Eau Aérienne DEA de 52t/ha ont tendance à augmenter de plus en plus pour engendrer des Précipitations croissantes autour de 130t/ha, de sorte que l’atmosphère ramène en pluies les eaux captées par des noyaux de condensation et précipitées, selon le Principe de Conservation Rien ne se perd rien ne se gagne mais tout se transforme en Balance Hydraulique, Telle que :

- (1) ETP- (-DEA) = PP in + PP out = RUIS – EEL= INFILTRATION ;
- (2) Cumule INFILTRATIONS = SES + SET-DEBITS (Sources, Rivières) – Absorptions Plantes (ETP) = STOCK RETENTION (Cycle Partiel des Eaux Sol/Atmosphère);
- (3) Cumule STOCKS RETENTIONS = NAPPE PHREATIQUE – FUTES SOUTERRAINES PAR OSMOSE;

Cette Publication ne se préoccupe point de l’équation (3) des Transferts des eaux par Nappes, mais plus tôt des Transferts des Eaux entre les Sols (SES, SET, RUIS, EEL) et l’Atmosphère (ETP, PP, DEA) des équations non conservatives (1) et (2) de Cycle Partiel des Eaux;

Soit, ETP = PP in +PP out – DEA = RUIS – EEL = INFILTRATION= SES + SET – DEBIT de Sources ;

Avec : EAUX PIEGEES = SES +SET = INFILTRATION

Et ce, Si et Seulement Si : PP in + PP out = ETP +DEA ;

Selon la Balance : PP in 130 t/ha = ETP 64t/ha + DEA 52t/ha + PP out 14t/ha (1)

La Balance des Eaux Atmosphériques :

Evapotranspirations ETP + Déficit en Eau Aérienne DEA = Précipitations PP= Constante;

Et ce, ssi les Précipitations Locales In Situ (PP in) sont Complétées par les Précipitations

Apportées de l'extérieure (PP out) de 14t/ha des apports en Eaux liées aux Vents ;

Soit, 11% des Précipitations in situ (PP in) en lien avec les Transpirations Végétales Locales

Proviennent des Eaux des Nuages Extérieurs : **PP out = 0,11*PP in ;**

Ainsi

Infiltrations = Ruissellements RUIS – Evaporations des Eaux Libres EEL (2);

De sorte que :

Le Cumule des Infiltrations = Stock en Eaux Souterraines SES + Stock des Eaux de Terres SET nourrissant la Végétation Productrice des ETP, d'où le Cycle des Eaux Terre/Atmosphère ;

Ainsi l'Eau Piégée sous Terre après les Précipitations est à l'origine des Sources des Eaux Souterraines que nous étudions à WALUNGU-CENTRE, à NYANGEZI et à KAMANYOLA, comme le démontrent ces équations de liaison de type ANOVA entre le Stock d'Eau sous terres et les Précipitations PPmm.

Cette Thèse résout une des questions à savoir, quelle est mensuellement la Quantité des Eaux Stockées sous terres après une pluie données en Précipitations PP mensuelles cumulées.

III.2.Le Système d'Alerte Précoce SAP Associé à la Modélisation Polynomiale Multi-Variée de Lagrange afin d'Evaluer le Stock en Eau Souterraine SES en fonction de Débit D de Source, des Evapotranspirations Potentielles ETP, du Déficit en Eau Aérienne DEA, de l'Evaporation en Eaux Libres EEL et des Ruissellements RUIS est donné par Une de Cinq Equations Suivantes avec une précision de 5% d'erreur:

(1) $SES \text{ t/ha} = -10900,619 + 8745,951 * D(\text{litre/Sec});$

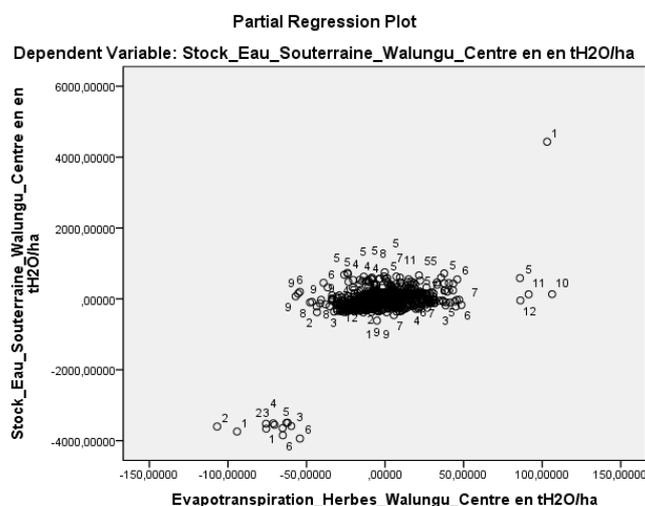
(2) $SES \text{ t/ha} = -9675,348 + 7537,487 * D(\text{litre/Sec}) + 8,063 * ETP(\text{t/ha});$

(3) $SES \text{ t/ha} = -8155,555 + 6411,53 * D(\text{litre/Sec}) + 12,317 * ETP(\text{t/ha}) - 3,284 * DEA(\text{t/ha});$

(4) $SES \text{ t/ha} = -7775,785 + 6120,771 * D(\text{litre/Sec}) + 13,397 * ETP(\text{t/ha}) - 2,883 * DEA(\text{t/ha}) - 2,121 * EEL(\text{t/ha});$

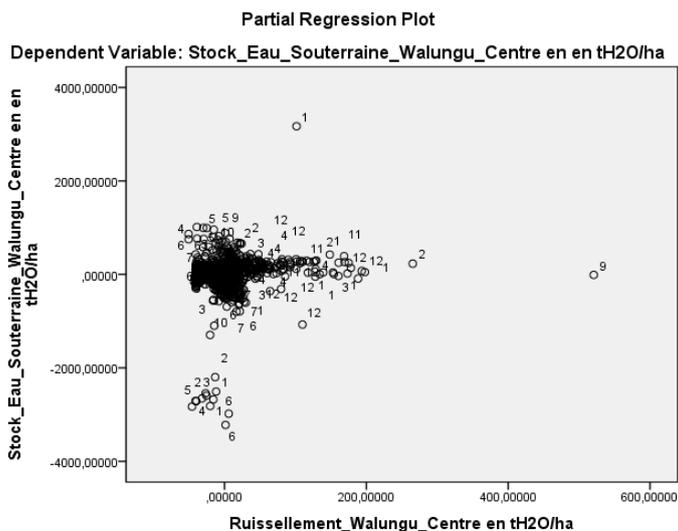
(5) $SES \text{ t/ha} = -7719,982 + 6069,295 * D(\text{litre/Sec}) + 13,249 * ETP(\text{t/ha}) - 2,672 * DEA(\text{t/ha}) - 2,516 * EEL(\text{t/ha}) + 1,024 * RUIS(\text{t/ha});$

Avec les Corrélations Graphiques Partielles suivantes :

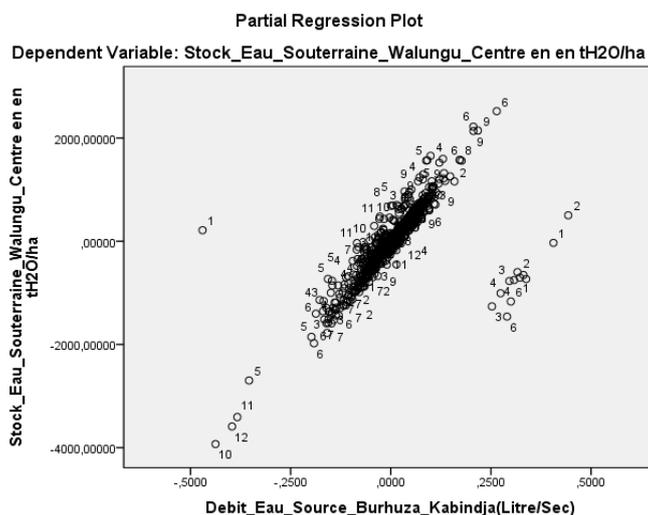


Graphique2.9

Les nuages des points de l'ETP ont tendance à se regrouper ensemble au moment où le stock en eau souterraine commence à être approvisionné

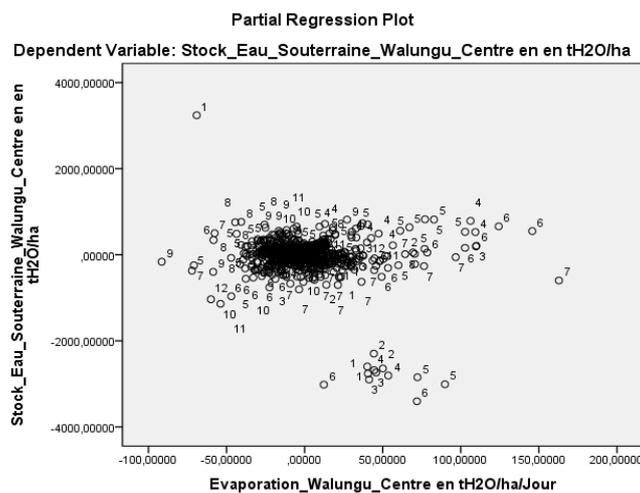


Graphique2.10.Les nuages des points RUIS ont tendance à se regrouper lorsque le stock en eau souterraine commence à s’approvisionner

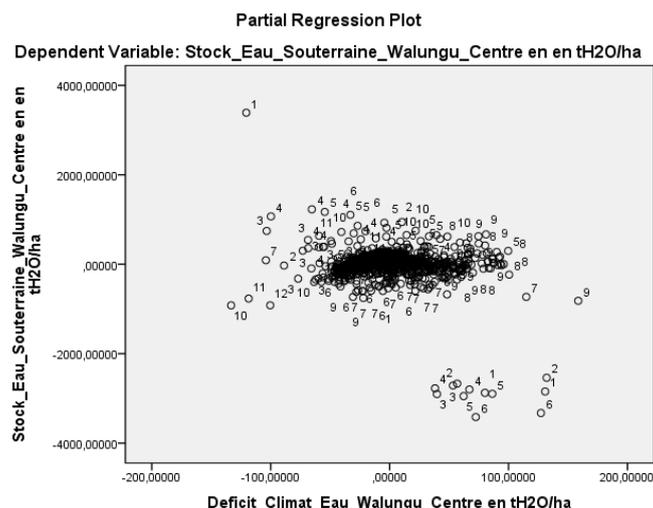


Graphique2.11.

Les nuages sont eproches, cela prouve que l’augmentation du débit eau source est proportionnelle à l’augmentation stock eau souterraine.



Graphique 2.12.LeL



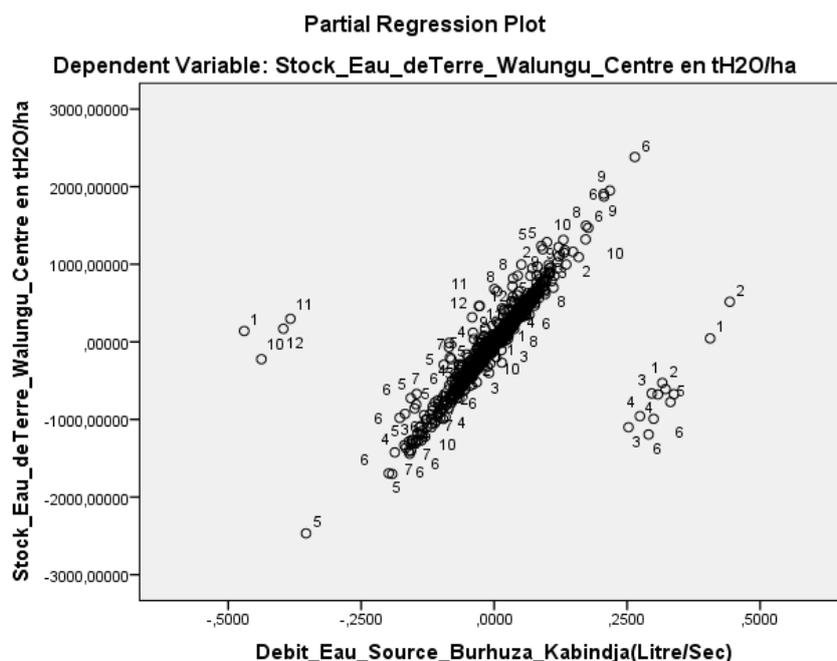
Graphique 2.13

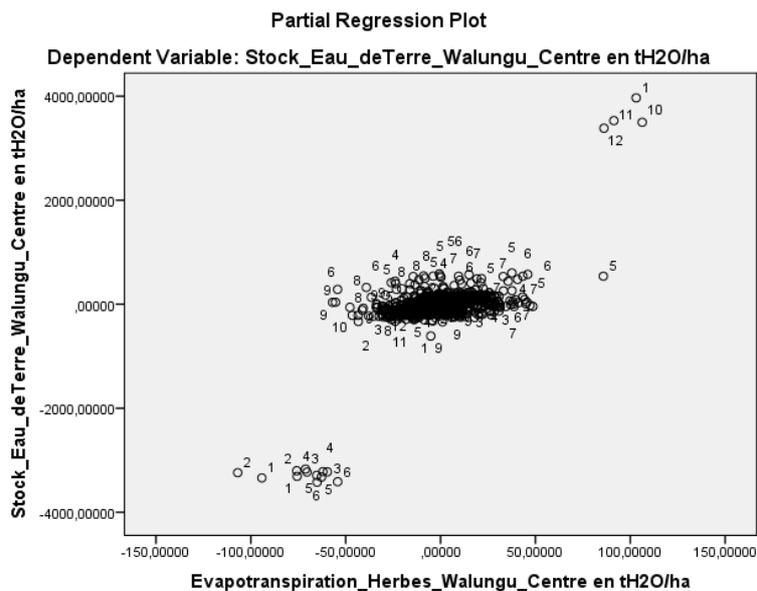
Les nuages des points montrent que le déficit climat augmente linéairement mais le stock en eau souterraine est stable.

III.3.Idem, le Système d’Alerte Précoce SAP Associé à la Modélisation Polynomiale Multi-Variée de Lagrange afin d’Evaluer le Stock de la Boue en Eau de Terre SET en fonction de Débit D de Source, des Evapotranspirations Potentielles ETP, du Déficit en Eau Aérienne DEA, de l’Evaporisation en Eaux Libres EEL et des Ruissellements RUIS est donné par des Equations Suivantes avec une précision de 5% d’erreur:

- (1) $SET \text{ t/ha} = -10086,973 + 8029,231 * D \text{ (litre/Sec)}$;
- (2) $SET \text{ t/ha} = -8896,913 + 6855,495 * D \text{ (litre/Sec)} + 7,831 * ETP \text{ (t/ha)}$;
- (3) $SET \text{ t/ha} = -6822,103 + 5318,346 * D \text{ (litre/Sec)} + 13,639 * ETP \text{ (t/ha)} - 4,484 * DEA \text{ (t/ha)}$;
- (4) $SET \text{ t/ha} = -6218,741 + 4856,401 * D \text{ (litre/Sec)} + 15,355 * ETP \text{ (t/ha)} - 3,846 * DEA \text{ (t/ha)} - 3,37 * EEL \text{ (t/ha)}$;
- (5) $SET \text{ t/ha} = -6165,814 + 4807,579 * D \text{ (litre/Sec)} + 15,214 * ETP \text{ (t/ha)} - 3,646 * DEA \text{ (t/ha)} - 3,744 * EEL \text{ (t/ha)} + 0,971 * RUIS \text{ (t/ha)}$;

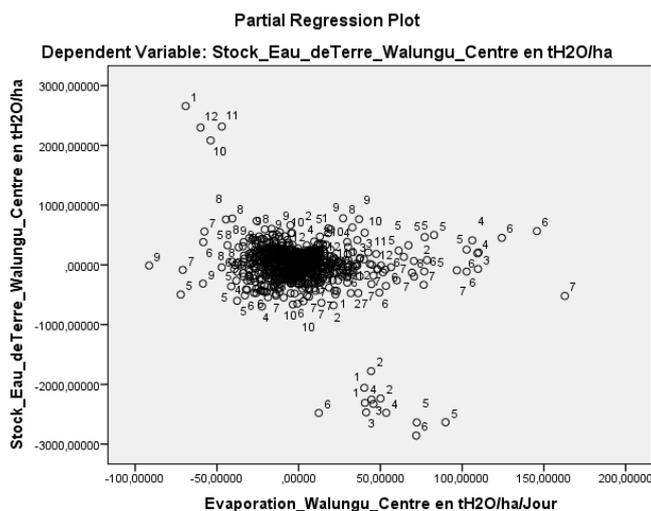
En admettant comme pour le Stock en Eau Souterraine les mêmes corrélations Spatiales Partielles avec les Variables en Eau Aérienne telles que :



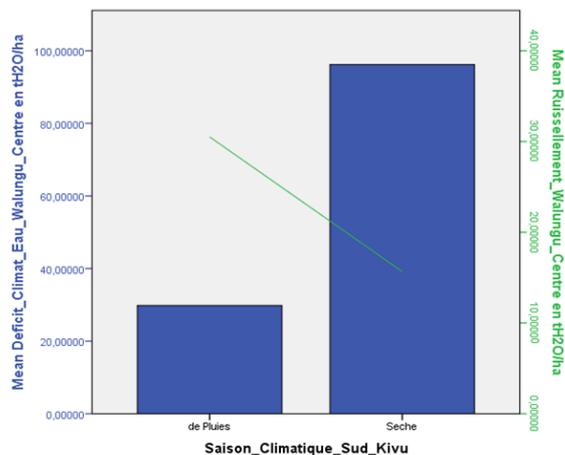


Graphique 2.14

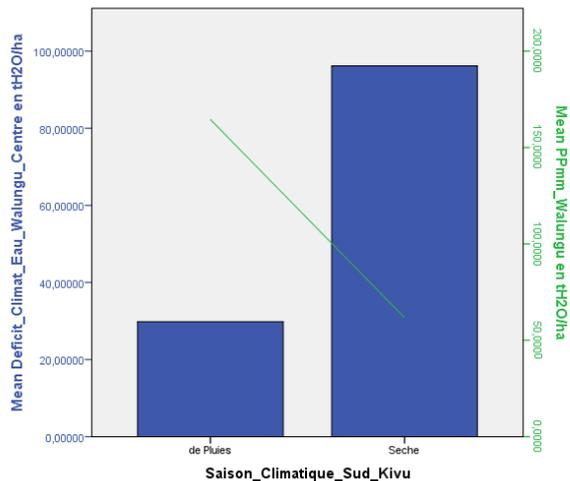
Graphique 2.14. Les nuages des points montrent que l'Evapotranspiration varie linéairement par rapport au stock eau de Terre



Graphique 2.15. Les nuages des points de l'Evaporation sont dispersés mais une autre est ensemble par rapport au stock eau de Terre.

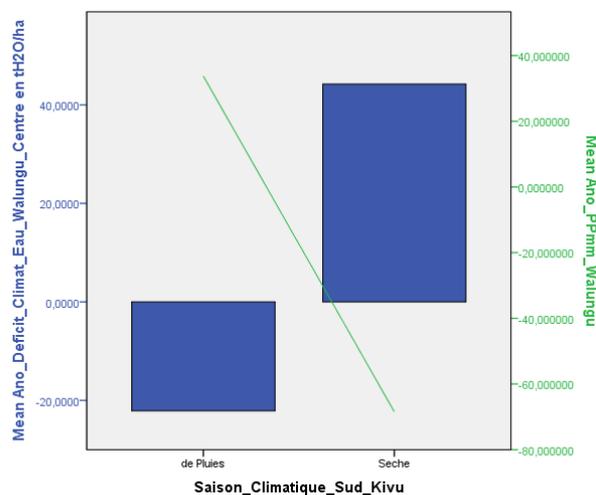


Graphique 2.16. Le profil mensuel témoigne que les précipitations sur Walungu centre diminue de la saison de pluie en saison sèche.



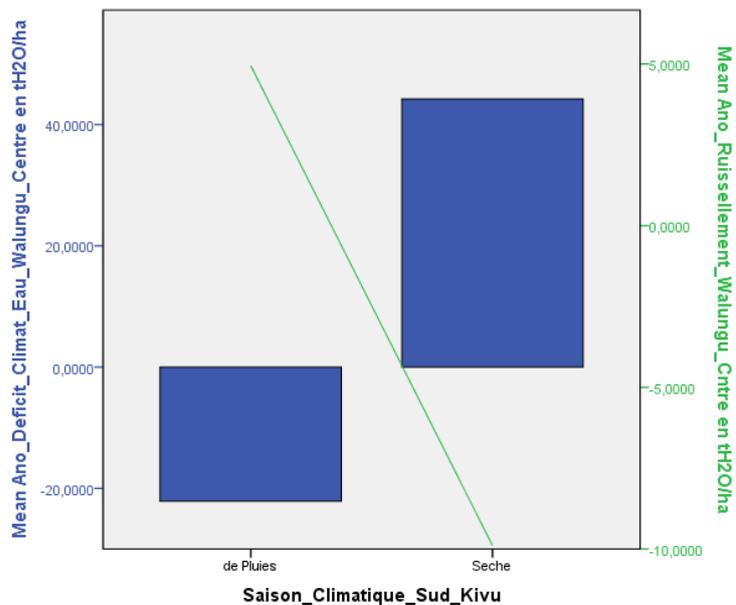
Graphique

Graph2.17.Le Profil saisonnier temoigne que les anomalies des précipitations diminuent de la saison de pluie en saison sèche en fonction des anomalies de deficit climat.



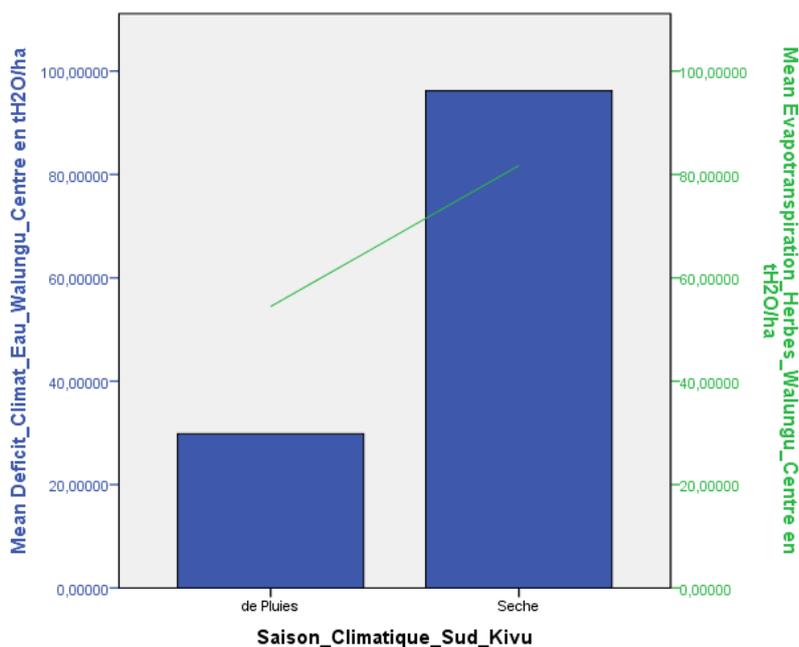
Graphique 2.18

Le Profil saisonnier temoigne que le Ruissellement diminue en fonction du déficit en Eau, de la saison de pluie en saison sèche.

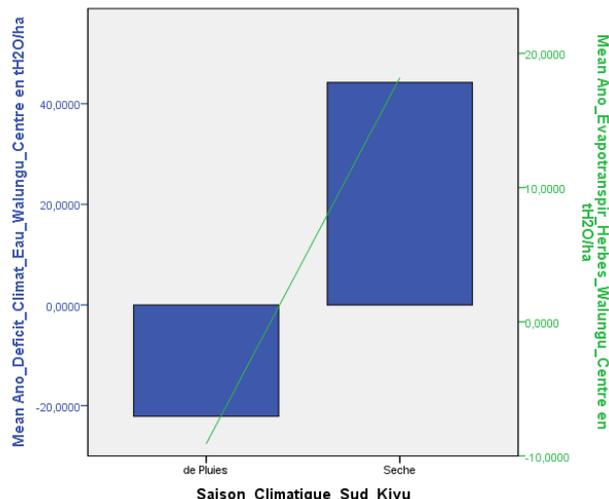


Graph 2.19.

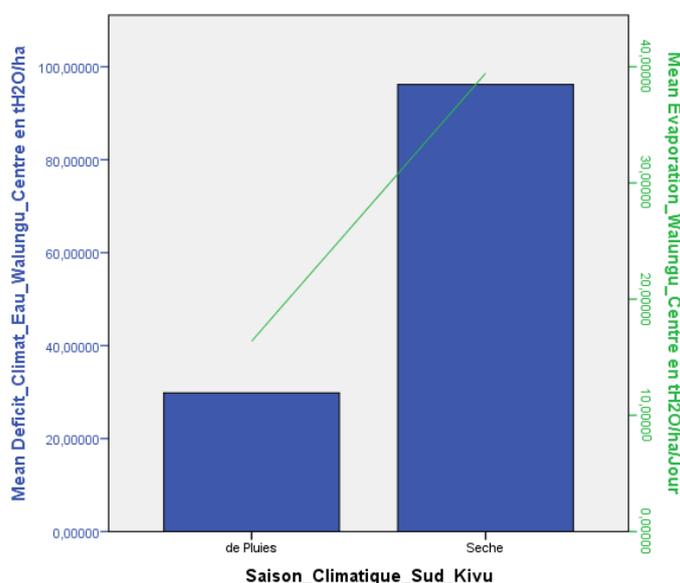
Le profil saisonnier temoigne que les anomalies de Ruissellement diminue de la saison de pluie en saison sèche en fonction des anomalies de déficit en eau



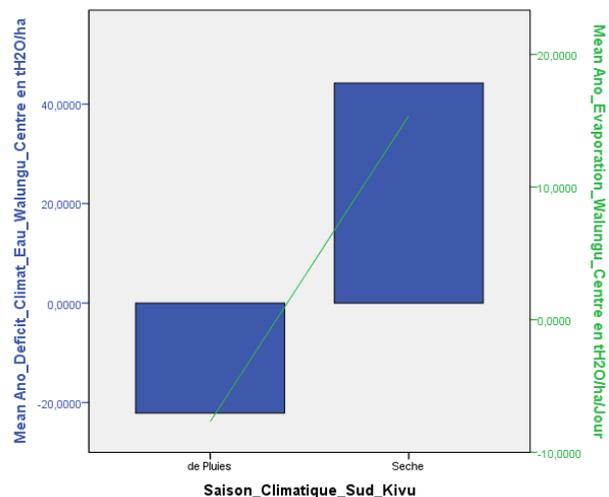
Graphique 2.20. Profil saisonnier temoigne de l'augmentation de l'Evapotranspiration de la saison de pluie en saison sèche en fonction du Déficit en Eau



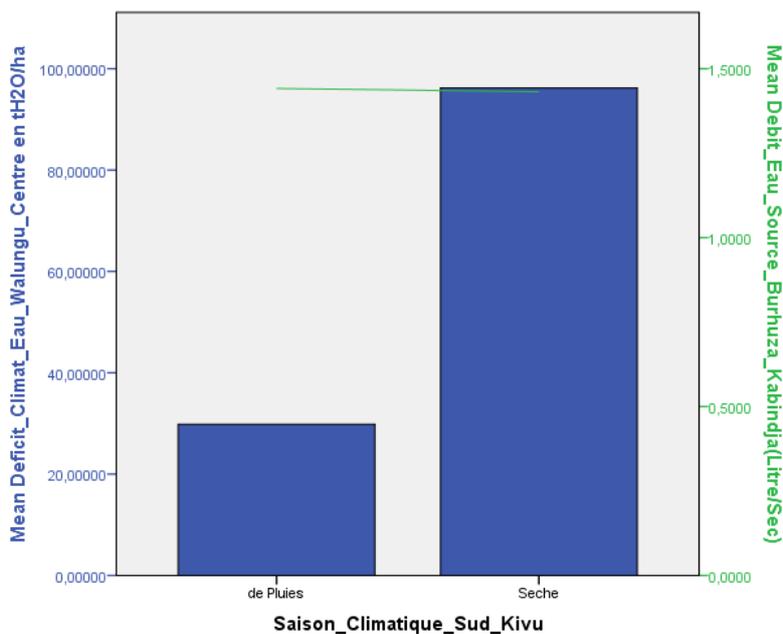
Graphique 2.21. Profil saisonnier témoin l'augmentation des anomalies de l'Evapotranspiration de la saison de pluie en saison sèche en fonction des anomalies de déficit en Eau.



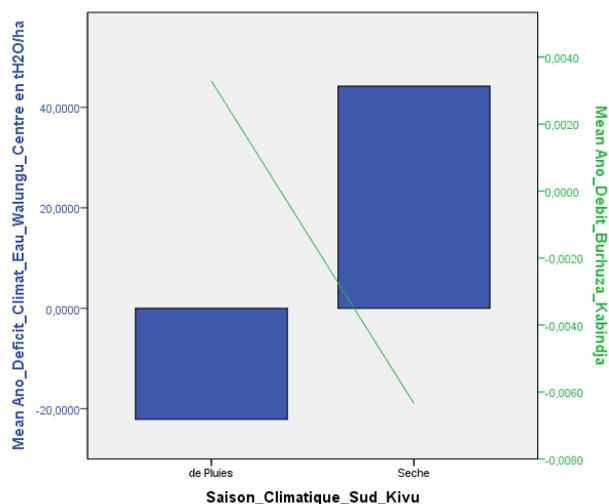
Graphique 2.22. Le profil saisonnier témoigne l'augmentation de l'évaporation de la saison de pluie en saison sèche en fonction de déficit climat.



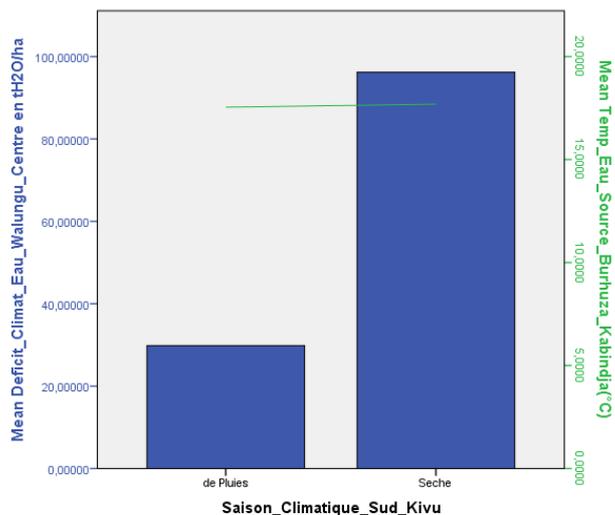
Graphique 2.22. Le profil saisonnier témoigne l'augmentation des anomalies de l'évaporation de la saison de pluies en saison sèche en fonction des anomalies de déficit Climat.



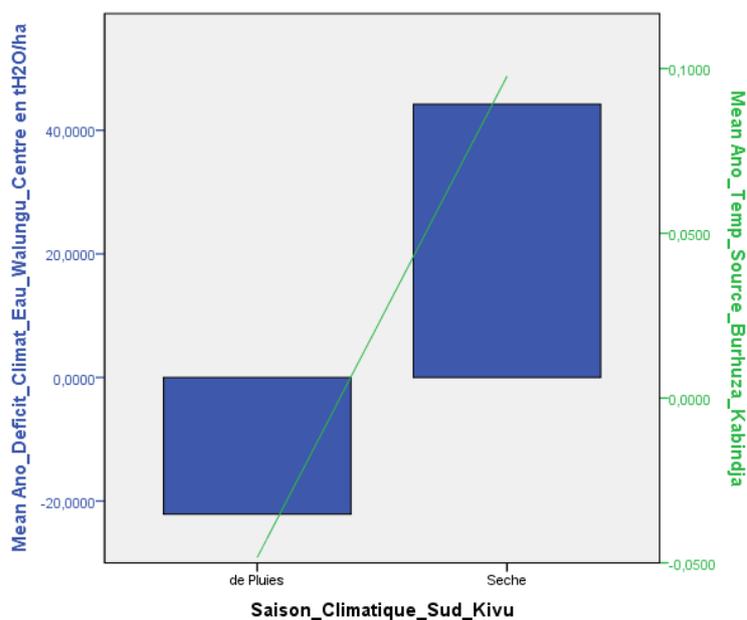
Graphique 2.24. Le profil saisonnier témoigne que le débit Eau est constat pendant les 2 Saisons en fonction de déficit climat Eau.



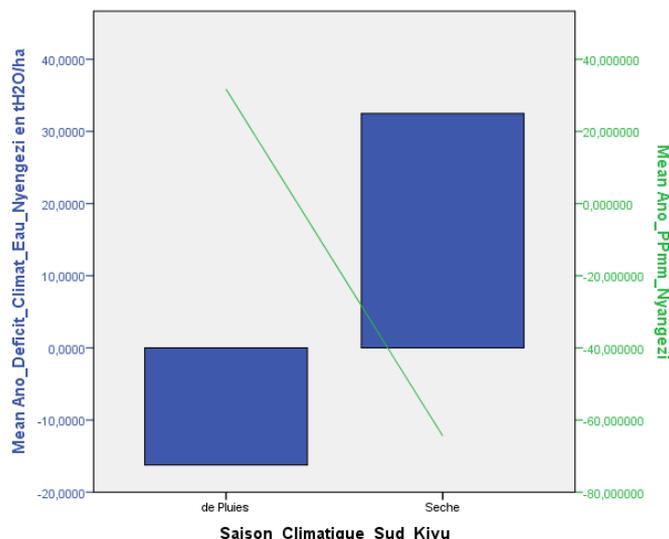
Graphique 2.25. Le profil saisonnier témoigne de la diminution des anomalies débit de la saison de pluies en saison sèche en fonction des anomalies de déficit climat Eau.



Graphique 2.26.Le Profil saisonnier témoigne que la température Eau 17,5⁰ C est constat en fonction de déficit Climat Eau.



Graphique 2.27
Le Profil saisonnier témoigne l'augmentation des anomalies de Température de la saison de pluies en saison sèche en fonction des anomalies de déficit climat Eau



Graphique 2.28.Le profil saisonnier témoigne la diminution des anomalies des précipitations en fonction de déficit Eau.

III.3.Système d’Alerte Précoce par Modèle ANOVA des Eaux Aériennes sur Walungu Centre :

SAP, Evapotranspiration Potentielle ETP = 75,848 - 0,094*PPmm, Sous Bassin Burhuza Kibandja^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	75,848	2,044		,000
	PPmm_Walungu en tH2O/ha	-,094	,013	-,202	,000

a. Dependent Variable: Evapotranspiration_Herbes_Walungu_Centre en tH2O/ha

Tableau 1.5.Evapotranspiration Potentielle de Walungu Centre en fonction des précipitations Eau Walungu

SAP, Evaporation Eaux Libres EEL = 32,073 - 0,061*PPmm, Sous Bassin Burhuza Kibandja^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	32,073	1,784		,000
	PPmm_Walungu en tH2O/ha	-,061	,011	-,153	,000

a. Dependent Variable: Evaporation_Walungu_Centre en tH2O/ha/Jour

Tableau 1.6.Evaporation de Walungu Centre en fonction des précipitations Eau Walungu

SAP, Déficit Eau Atm = 80,685 - 0,22*PPmm; Sous Bassin Burhuza Kibandja^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	80,685	2,727		,000
	PPmm_Walungu en tH2O/ha	-,220	,017	-,342	,000

a. Dependent Variable: Deficit_Climat_Eau_Walungu_Centre en tH2O/ha

Tableau 1.7 : Déficit Climat Eau Walungu Centre en fonction des Précipitations Eau Walungu

SAP WALUNGU CENTRE, Débit (litre/Sec) = 1,2 +0,004*ETP(t/ha)^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	1,200	,007		,000
	Evapotranspiration_Herb es_Walungu_Centre en tH2O/ha	,004	,000	,751	,000

a. Dependent Variable: Debit_Eau_Source_Burhuza_Kabindja(Litre/Sec)

Tableau 1.8. Débit Eau Source Kabindja en fonction de l'Evapotranspiration Eau Walungu Centre

SAP WALUNGU CENTRE, Débit (litre/Sec) = 1,51 - 0,003*Evaporation EEL(t/ha)^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	1,510	,006		,000
	Evaporation_Walungu_C entre en tH2O/ha/Jour	-,003	,000	-,514	,000

a. Dependent Variable: Debit_Eau_Source_Burhuza_Kabindja(Litre/Sec)

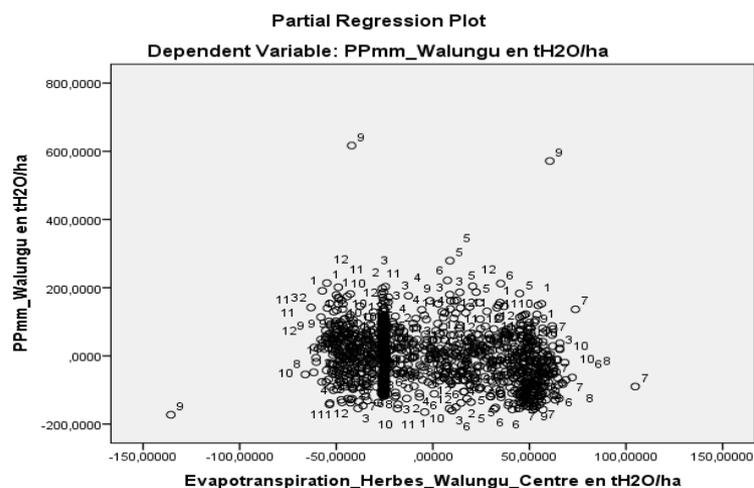
Tableau 1.9. Débit Eau Source Kabindja en fonction de l'Evaporation Eau Walungu Centre

SAP WALUNGU CENTRE, PPmm en t/ha = 157,929 - 0,436*ETP (t/ha)^a

Model		Unstandardized Coefficients		Sig.
		B	Std. Error	
1	(Constant)	157,929	4,582	,000
	Evapotranspiration_Herb es_Walungu_Centre en tH2O/ha	-,436	,061	,000

a. Dependent Variable: PPmm_Walungu en tH2O/ha

Tableau 1.10. Précipitations Eau Walungu en fonction de l'Evapotranspiration Walungu Centre.



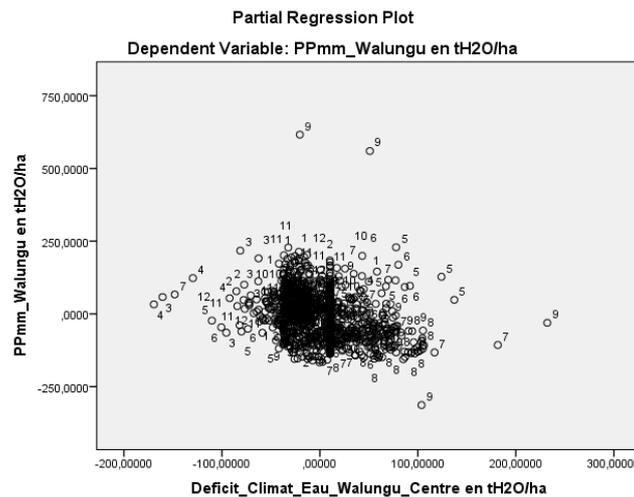
Graphique 2.29. Représente le diagramme de régression des Précipitations en fonction de l'Evapotranspiration Eau Walungu Centre. Les nuages des points ont tendance à se regrouper vers l'Evapotranspiration Herbes Walungu Centre et s'éloigne des Précipitations Eau Walungu.

SAP WALUNGU CENTRE, PPmm en t/ha = 157,789 - 0,531*DEA (t/ha)^a

Model		Unstandardized Coefficients		Sig.
		B	Std. Error	
1	(Constant)	157,789	3,206	,000
	Deficit_Climat_Eau_Walungu_Centre en tH2O/ha	-,531	,042	,000

a. Dependent Variable: PPmm_Walungu en tH2O/ha

Tableau 1.11. Précipitations Eau Walungu en fonction de Déficit Climat Eau Walungu Centre



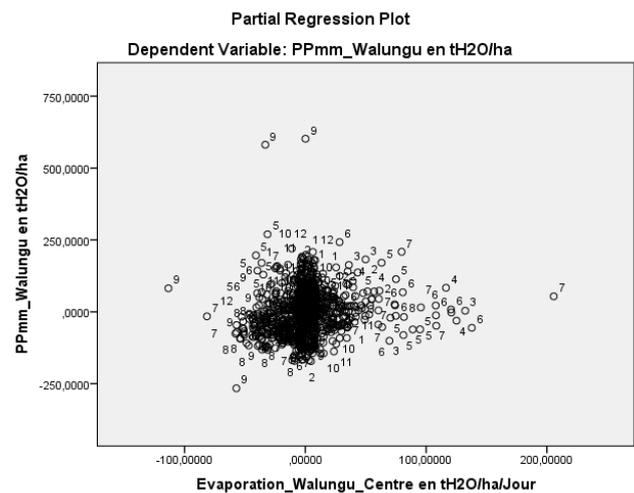
Graphique 2.30. Réprésente les diagrammes de régression Précipitations Eau Walungu en fonction de Déficit Climat Eau Walungu Centre.

SAP WALUNGU CENTRE, PPmm en t/ha = 139,401 - 0,383*EEL (t/ha)^a

Model		Unstandardized Coefficients		Sig.
		B	Std. Error	
1	(Constant)	139,401	3,003	,000
	Evaporation_Walungu_Centre en tH2O/ha/Jour	-,383	,071	,000

a. Dependent Variable: PPmm_Walungu en tH2O/ha

Tableau 1.12. Précipitations Eau Walungu en fonction de l'Evaporation Eau Walungu Centre



Graphique 2.31. Réprésente le diagramme des Précipitations Eau Walungu en fonction l'Evaporation Eau Walungu Centre.

IV. Conclusion

En effet, notre sujet de Publication, nous a amené à découvrir le Comportement Des Eaux Aériennes et Souterraines et on a pu obtenir après traitement des données, les Tableaux qui témoignent :

-Le Profil Mensuel des variables Atmosphériques et Variables du Sol

-Le Modèle Mensuel Saisonnière de 60 ans en fonction des Variables AIR-ANOVA, Souterrain-ANOVA, AIR/Souterrain Quadratique de Lagrange, AIR/ARIMA et enfin Souterrain /ARIMA.

-Profil Mensuel /Saisonnier dans l'air pendant 60ans par Modèle ANOVA de la Variation des Précipitations en fonction de l'Evapotranspiration(ETP), Evaporation des Eaux Libres(EEL) et le Déficit en Eaux Aériennes (DEA)

-Profil Mensuel ETP Wal en fonction PPmm WC, Profil Mensuel EEL Wal en fonction PPmm WC, Profil DEA WC en fonction de PPmm WAL, Débit Kabindja en fonction ETP WC, Débit Kabindja en fonction EEL WC et enfin PPmm WAL en fonction ETP, DEA et EEL WC.

On a eu des Graphiques qui témoignent la Variation des Débits des différentes Sources aménagés et non aménagés des différents Sites.

-La Température de l'Eau des Sources se classifie en 3 bassins Neurones :Kabindja-Lukunja-Mulira .

-Les Variables Thermo-Hydriques des Sources se Classifie en 3 Sous bassins neurones.

-3 axes d'Analyse en Composantes Principales (ACP)

-Le Profil Mensuel des Précipitations et ses Anomalies

-Déficit en Eau Aérienne

-Le Profil Annuel 1960 à 2020

-Les Nuages des points (Variations)

Bref, Notre étude nous a témoigné les différents comportements des Sources selon les Variations Mensuelles et Saisonnières dans les Aériennes et Souterraines.

BIBLIOGRAPHIE

Thèses

(1)Jean Baptiste, Fonctionnement et modélisation hydrologique d'un petit bassin versant cultivé en milieu volcanique tropical.2007

(2)Romain DU COMMUN, Estimation de la nappe cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines en milieu urbain2010

(3) Ahmad Albitar, Modélisation des écoulements en milieu poreux hétérogènes 2D/3D,avec couplage surface/souterraine et densitaire,2007

(4) Albert KABASELE YENGA YENGA, Utilisation des Données Spatiales en Appui à la Géomatique pour la Modélisation de la Climatologie de la Limnimétrie et de la Marée-Graphie en RD-Congo UPN, Thèse Juin 2009.

(5)Sami LALLAHEM, Structure et modélisation hydrodynamique des eaux souterraines :Application à l'aquifère crayeux de la bordure Nord du bassin de Paris

(6)Sébastien LEBAUT, Apport de l'Analyse et de la modélisation hydrologique du bassin versant dans la connaissance d'un aquifère :Le grès d'Ardenne Luxembourg ,2000.

Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA)

ZENNED, Calcul des géoïdes locaux : la contribution de la topographie aux géoïdes. Université de Tunisie.2002

Articles et Publications

(1) Albert KABASELE YENGA YENGA , Modélisation atmosphérique du temps Héliométrique qu'il faut dans la ville de Kinshasa. Numéro spécial. Vol 1 IGC.2011

(2) M.BONNET et A.LALLEMAND BARROS, Mesure in situ de la vitesse d'étude de fonctionnement et des écoulements de fluide.

(3) HAL/Carine YUMI FURUSHO, Etude du fonctionnement d'un bassin versant péri-urbain. La Chezine 2007-2008.

(4) MOMBET V , Modélisation des moyennes mensuelles de la Température en France de 1991 à 2000,Serie Chronologiques (2011)

(5) M.MORENO et O.ROUSTANT , Modélisation de la Température : Application aux dérivées Climatologiques (2002)

(6) Olivier ROUSSAINT, Modélisation Statistique de la Température pour la gestion des produits dérivées climatiques .EMSE,ISFA,Sainte Etienne. Paris (2006)

(7) POTTEVIN, Dans les annales de la Société Géologique de Belgique. Tome 112 (1989)

- (8) ROZIER de LINAGE ,Co. Etude du rapport entre la variation de Pésanteur,déplacement vertical et apport de la mission spatiale grâce à l'étude des surcharges hydrologiques. Université Louis Pasteur de Strasbourg I.
- (9) Mesures Gravimétriques au Sol et Satellitaires.
- (10) GOGUEL ,J.Bouguer et Chimborozo.Acceptation à la théorie Newtonienne de l'attraction. Travaux du Comité Français d'histoire de la géologie.2eme Série.

Ouvrages

- HOOKE.R.1687 A Discouse of Earthquakes .Réédition in the Posthumous works of Robert Hooke. The source of Science.73.New York et Londrès.
- KINNEARP.Colin GRAY.SPSS facile à la psychologie et aux Sciences Sociales. Maitriser le traitement des données .De Boeck 2005
- D'HAINAUT LOUIS ,Concepts et Méthodes de la Statistique. Ed Labor, Bruxelles.

Mémoire et Thèse

- (1)Les annales de la société géologique de Belgique-fascicule 3 et 5

Sites Consultés

- <http://fr.wikipedia.org/wiki/hydraulique>
http://hydraulique_rurale.ens.lign.fr/article
<http://vacamuerta.ens.Lyon.fr/ramgen/groupe-séminaires>
<http://planet-terre.ens-Lyon.fr>
<http://planet-terre.ens.lign.fr/article>

Ladislav MOSANGE KATIBIBI, et. al. " Similitude Et Modelisation Sol/Atmosphere Des Eaux Souterraines Et Aeriennes Du Territoire De Walungu En Province Du Sud-Kivu/Rdc." *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG)*, 10(1), (2022): pp 37-57.